

Università di Pisa

Facoltà di Agraria

Tesi di Laurea Specialistica

Corso di laurea magistrale in Agricoltura Biologica e Multifunzionale

Indirizzo: Agricoltura Biologica

***Sistemi alternativi di coltivazione biologica del frumento
duro e dell'erba medica nella Tenuta di San Rossore:
effetti sulla produzione e sulla vegetazione infestante.***

Candidato: Stefano Carlesi

Relatore: Prof. Paolo Bàrberi

1. INTRODUZIONE.....	3
1.1 LA NECESSITA DI PRATICHE ALTERNATIVE DI AGRICOLTURA	3
<i>Il mantenimento della fertilità del suolo.....</i>	7
<i>Il ruolo delle colture di copertura</i>	8
<i>Il ruolo delle fonti supplementari di nutrienti.....</i>	9
<i>Importanza della gestione delle infestanti in agricoltura biologica.....</i>	10
1.2 MONITORAGGIO AZIENDALE	11
2. OBIETTIVI DELLA TESI	12
2.1 ERBA MEDICA 2005	12
2.2 FRUMENTO DURO 2005 E 2006	13
3. MATERIALI E METODI.....	15
3.1 DESCRIZIONE DEI SITI SPERIMENTALI E DELLE TECNICHE AGRONOMICHE	15
3.1.1 <i>Erba medica 2005.....</i>	17
3.1.2 <i>Frumento duro 2005.....</i>	18
3.1.3 <i>Frumento duro 2006.....</i>	21
3.2 TRATTAMENTI SPERIMENTALI.....	26
3.2.1 <i>Erba medica 2005.....</i>	26
3.2.2 <i>Frumento duro 2005.....</i>	26
3.2.3 <i>Frumento duro 2006.....</i>	28
3.3 DETERMINAZIONI SPERIMENTALI	29
3.3.1 <i>Erba medica 2005.....</i>	29
3.3.2 <i>Frumento duro 2005.....</i>	31
3.3.3 <i>Frumento duro 2006.....</i>	35
3.4 ANALISI DEI DATI.....	36
3.4.1 <i>Erba medica 2005.....</i>	36
3.4.2 <i>Frumento duro 2005.....</i>	41
3.4.3 <i>Frumento duro 2006.....</i>	42
4.RISULTATI.....	46
4.1. ERBA MEDICA 2005	46
4.2 FRUMENTO DURO 2005	58
4.3 FRUMENTO DURO 2006	61
5. DISCUSSIONE	76
5.1 ERBA MEDICA 2005	76
5.2 FRUMENTO DURO 2005.....	79
5.3 FRUMENTO DURO 2006	81
6.CONCLUSIONI.....	90
6.1 ERBA MEDICA 2005	90
6.2 FRUMENTO DURO 2005.....	92
6.3 FRUMENTO DURO 2006.....	97
7. RINGRAZIAMENTI.....	99
8. BIBLIOGRAFIA.....	100
SITI INTERNET CONSULTATI:.....	107

1. INTRODUZIONE

1.1 La necessità di pratiche alternative di agricoltura

I sistemi agrari, definendoli secondo una lente interpretativa puramente ecologica, si possono considerare in estrema sintesi come ecosistemi artificialmente mantenuti ad uno stadio successionale poco evoluto, con l'obiettivo di massimizzare la produttività di una o poche specie desiderate. Con lo sviluppo dei fattori produttivi degli ultimi 150 anni (l'introduzione del motore a scoppio, lo sviluppo della chimica di sintesi e ultimamente l'affinamento delle tecniche di ingegneria genetica) l'efficienza e le potenzialità di intervento ed interferenza dell'uomo sull'agro-ecosistema, soprattutto da parte di coloro che popolano quelle zone del pianeta dove più concentrata è la presenza di capitali, sono aumentate in maniera esponenziale.

L'impatto di queste nuove tecnologie è particolarmente cresciuto dal 1950 al 1990. Durante questo periodo infatti la produzione di frumento pro capite è cresciuta del 40% e quella di fonti di proteine animali (carne uova latte) è cresciuta del 26%, (Fritshel & Mohan, 1999). Tale notevole incremento, è stato sostanzialmente determinato dall'incremento delle rese superficiali, da 1 t ha⁻¹ a oltre 3 t ha⁻¹ per i cereali, legate all'impiego di nuove molecole di sintesi come: diserbanti, pesticidi, ed all'incremento nell'uso di fertilizzanti. Quest'ultimo ad esempio nel caso dei composti azotati è cresciuto nel periodo in considerazione da 5 10⁶ t a 80 10⁶ t annue (Cohen, 1995; McNeely & Serr, 2003).

Sinteticamente quindi si può affermare che l'impatto delle pratiche agricole, finalizzate ad incrementare la produzione con mezzi sempre più potenti, ha determinato da una lato un aumento sul medio periodo delle produzioni pro capite, dall'altro ha contribuito sia ad una estrema semplificazione degli ecosistemi naturali di partenza (Begon *et al.*, 2006), che all'accrescimento delle esternalità negative come la diminuzione della qualità delle acque, dell'aria, l'incremento dei fenomeni erosivi e di perdita di suolo fertile, la diminuzione del contenuto di sostanza organica, l'interruzione o semplificazione delle catene alimentare degli ecosistemi limitrofi o in qualche misura interconnessi e la diminuzione della biodiversità a livello genetico, specifico e degli habitat (Chamberlain *et al.*, 2000; Tscharntke *et al.*, 2005).

Vi è inoltre da considerare il fatto che le zone interessate dall'accrescersi degli inconvenienti, soventemente, non coincidono con le aree da cui provengono i capitali di investimento e le tecnologie, ovvero dove è resa maggiore la disponibilità di prodotti agricoli (FAO 1996).

I sistemi agricoli in questione, principalmente costituiti da rotazioni molto corte, sistemazioni estremamente semplificate, bassa biodiversità pianificata e conseguentemente bassa biodiversità associata, sono solitamente caratterizzati da una stabilità intrinseca piuttosto bassa, così richiedono costanti interventi antropici al fine di mantenere una sufficiente resistenza alle perturbazioni di origine biotica o abiotica, che altrimenti ne farebbero variare eccessivamente la produttività. Nell'ultimo secolo tali interventi si sono tradotti sempre più spesso in *input* esterni all'agro-ecosistema e principalmente originati dalla chimica di sintesi (Altieri & Nicholls, 2001).

La dipendenza delle produzioni e conseguentemente del reddito degli agricoltori da questi *input* esterni, di origine sintetica, ha a sua volta determinato tutta una serie di conseguenze sia sul piano produttivo sia su quello sociale.

Dalla metà degli anni '80 inoltre, questa tendenza all'incremento pro capite di produzione agricola si è arrestato, determinando in 10 anni la caduta di disponibilità di cereali dell'11%. Secondo le statistiche del "Wordwatch Institute" se le attuali condizioni di sfruttamento delle risorse ambientali dovessero rimanere immutate, la disponibilità di terre pro-capite scenderà del 30% circa entro il 2010 (Postel, 1994); inoltre nell'immediato futuro sarà necessario fare i conti anche con l'incremento di problemi legati ai grandi cambiamenti climatici che Watson (2000) ha stimato saranno fattori di incremento di perdite di raccolto legate alle maggiori difficoltà che saranno incontrate per controllare malattie ed insetti nocivi. Tali cambiamenti sono peraltro determinanti proprio dall'uso irrazionale di molte risorse disponibili a "basso costo" (monetario), quali i combustibili fossili e relativi prodotti di sintesi.

Dal punto di vista produttivo l'agricoltura moderna nei paesi "industrializzati" sostenuta fortemente dai sussidi statali -14.000 \$ per agricoltore a tempo pieno nel 1997 (Myers & Kent, 2001) - ha da un lato diminuito la qualità delle produzioni di massa fino allo scoppio di scandali legati alla insalubrità delle produzioni agricole (anni 90'), in particolare quelle animali (BSE-Bovini, Diossina-Pollame), dall'altro in risposta, si è orientata in misura non maggioritaria seppur interessante, verso la produzione e la riscoperta di produzioni "di nicchia" o verso la diffusione di produzioni certificate quali l'agricoltura integrata e quella biologica. Le politiche agricole comunitarie dell'Europa si sono così orientate nell'ultimo decennio verso il rispetto di principi di sostenibilità ed hanno legato il sussidio al rispetto di principi come l'eco-condizionalità: *"Il pagamento diretto è condizionato al rispetto di determinate norme in materia di sanità pubblica, salute degli animali e delle piante, salvaguardia dell'ambiente e benessere degli*

animali e delle Buone Condizioni Agronomiche ed Ambientali (la cosiddetta condizionalità).

Questo principio, già posto come clausola nei Regolamenti (CE) 1257/99 e 1259/99, viene ora ribadito in maniera puntuale nel Reg. (CE) 1782/03, confermando l'esigenza di posizionare il settore primario europeo su una prospettiva rigorosamente ambientale, preservatrice di un'agricoltura plurifunzionale e per garantire la coerenza tra le funzioni assolute dalla politica dei mercati e quella di sostegno allo sviluppo rurale.” (EU Developing Olive Oil Region, 2006).

Per quanto concerne invece il piano sociale, la dipendenza dai prodotti extra-aziendali di sintesi, legati a un retroterra tecnologico molto ampio o la meccanizzazione, hanno migliorato la produttività della manodopera ed in gran parte sostituito la fatica dell'operatore aumentando la produzione lorda vendibile, ma di concerto hanno, da un lato incrementato i rischi legati alla salute degli operatori agricoli e dall'altro assottigliato il reddito prodotto dal comparto agricolo che resta all'interno dell'ambiente in cui si è stato realizzato. Tutto ciò si è verificato da una parte legando l'agricoltore a pacchetti tecnologici preconfezionati e dall'altra compiendo una cesura piuttosto netta tra la comprensione o l'interpretazione del fenomeno agro-ecologico e quello produttivo.

Alla ricomposizione di questi due momenti: la comprensione e la produzione verso la creazione non solo di un'agricoltura ma anche di una società sostenibile, M. A. Altieri dedica il testo “Agroecologia” (Altieri, 1987). Benché la sostenibilità sia stata una caratteristica propria dei modelli agricoli pre-industriali, questi non sono stati in grado di soddisfare a pieno le necessità di società che sono passate da modelli economici produttivi semplici a stratificazioni sociali ed economiche molto più complesse ed esigenti. Diventa pertanto oggi necessario sviluppare o migliorare sistemi agricoli tanto nelle zone così dette “sviluppate” quanto in quelle “in via di sviluppo” tenendo ben fermi quattro principi imprescindibili: la produzione di benessere e reddito per l'agricoltore e tutti coloro che sono coinvolti nella filiera produttiva, la produzione di risorse necessarie ad uno sviluppo razionale per la società tutta, il mantenimento della utilità delle risorse agronomiche produttive in maniera indefinita e la salvaguardia degli “ambienti” connessi al sistema agricolo-produttivo.

A questo proposito l'agricoltura biologica, anche se non in maniera esclusiva, possiede in sé molte potenzialità atte allo sviluppo di un'agricoltura sostenibile (basata sui quattro principi sopra citati) attraverso, non già la mediazione di molecole di sintesi o

pacchetti tecnologici preconfezionati, ma mediante il riavvicinamento del produttore alla comprensione e all'interpretazione della complessità dell'agro-ecosistema, conferendo così la possibilità di superare uno degli ostacoli frapposti tra lo sviluppo di una agricoltura sostenibile e il soddisfacimento dei bisogni della società inerenti sia al piano dei consumi che a quello del rispetto dell'ambiente e della creazione di esternalità positive.

Certamente il sistema agricolo biologico, pur non considerando il filone di agricoltori "convertitisi" a tali pratiche per mero interesse economico determinato dai maggiori prezzi spuntati sul mercato -fenomeno peraltro in diminuzione- non è privo di contraddizioni, infatti notevoli sono le difficoltà legate alla gestione di questo sistema. Pensiamo, per esempio, al possibile incremento di utilizzo di combustibili legati o al maggior numero di lavorazioni necessarie a sopperire all'impossibilità di utilizzare i prodotti di sintesi, od al rischio legato alla diminuzione di sostanza organica, e quindi fertilità, dei terreni non trattati in maniera appropriata, od all'incremento di semi nello stock della seedbank rilevato in paesi come il Regno Unito – da 4.050 a 17.320 semi a m⁻², 3 anni dopo la conversione al biologico-(Albrecht & Sommer, 1998). Proprio per dare risposte alle carenze di conoscenze disponibili circa le pratiche più complesse di gestione dell'agricoltura biologica quali appunto la gestione della flora infestante e della fertilità dei terreni è stato impostato il presente lavoro.

La ricerca di sistemi alternativi di gestione delle colture erba medica (*Medicago sativa* L.) – peraltro assai carenti in bibliografia- e del frumento duro (*Triticum durum* Desf.) - due delle colture più diffuse sulla superficie agricola dell'azienda sottoposta a sperimentazione- è sostanzialmente improntata allo sviluppo di tecniche integrate in strategie per risolvere alcune delle problematiche sopra menzionate, perseguendo come co-obiettivi la semplicità di impiego e l'economicità di realizzazione delle stesse tecniche, contemporaneamente ad un approfondimento delle conoscenze relative alle relazioni agro-ecologiche che interesseranno i fenomeni studiati.

Per quanto concerne la bulatura di leguminose su cereali autunno vernini le fonti bibliografiche a disposizione sono un discreto numero (Utomo *et al.*, 1990; Doran & Smith 1991; Dou & Fox 1994; Gorge *et al* 1997; Bond & Grundy, 2001; Zavattaro, 2003;) e tutte concordano con il conferire a questa pratica una discreta capacità di soppressione della flora infestante -anche se inferiore a quella di altre *cover crop* a causa dell'azione stimolante dell'azoto fissato e dell'assenza di proprietà allelopatiche-

oltre che un notevole interesse per quanto concerne l'incremento della sostanza organica del suolo e i miglioramenti di fertilità connessi.

Anche a riguardo della selezione delle varietà di frumento duro più adatte al controllo della flora infestante sono a disposizione un discreto numero di fonti bibliografiche, alcuni autori infatti hanno evidenziato l'importanza e la necessità di ricerche simili (Tollenaar *et al.* 1994; Lemerle *et al.*, 1996;), altri hanno attribuito ai caratteri delle antiche varietà, come l'altezza, particolare peso per ciò che riguarda l'abilità soppressiva della flora spontanea, (Melander, 1993; Wicks *et al* 1994; Groundy & Froud-Williams, 1997; Korres & Froud-Williams, 2002;) altri alla capacità di intercettare la luce (Severs & Wright, 1995), al peso (Wicks *et al* 1986; Blackshaw 1994; Lemerle *et al.*, 1996; Ogg & Seefeld, 1999;) altri ancora alla capacità di accestimento (Challaiah *et al.* 1983, Fofana *et al* 1995). Per quanto concerne invece il controllo della flora spontanea in prato monofita di erba medica, si trovano solamente pochi casi di studio e per quanto concerne il controllo senza mezzi chimici il numero si assottiglia ulteriormente. Ad esempio effettuando una ricerca bibliografica sulle riviste specializzate "*Weed Technology* " e "*Weed Science*" utilizzando le parole chiave "*Medicago*" "*Alfalfa*" nei rispettivi *abstract* si ottengo solamente 11 risultati corrispondenti, dei quali solamente uno (Huarte *et al.*, 2003) tratta di metodi di controllo delle infestanti non chimici.

Il mantenimento della fertilità del suolo

Per quanto riguarda la fertilizzazione, in sistemi quali quelli biologici - in cui non è possibile apportare concimi di sintesi - è possibile che si verifichino carenze nutritive (specialmente di azoto e fosforo) se non vi è la possibilità di apportare al suolo le quantità di materia organica necessaria al mantenimento della sostanza organica e dell'equilibrio tra gli ingressi e le uscite dei nutrienti. In questo caso, così come in tutti i campi della gestione dei sistemi agricoli in agricoltura biologica è opportuno considerare la fertilità del suolo come un concetto esteso non solo al soddisfacimento delle esigenze della coltura, ma valutando l'opportunità di mantenere in salute l'intero agro-eco-sistema, in cui sono necessarie non solamente le funzioni legate alla produttività della coltura, ma anche tutte quelle legate alle relazioni che intercorrono tra le diverse componenti del sistema, poiché in definitiva la sostenibilità dell'intero sistema dipende dal funzionamento e dall'integrazione delle singole componenti (Atkinson & Watson, 2000). In agricoltura biologica, secondo Watson (2002) un approccio corretto persegue l'obiettivo di gestire la sostanza organica allo scopo di

migliorare tanto le condizioni chimiche quanto quelle biologiche e fisiche del suolo, in quanto i processi legati ai diversi aspetti della fertilità del suolo svolgono un ruolo centrale nel mantenimento di un agro-ecosistema bilanciato per ciò che riguarda infestanti, patogeni e insetti fitofagi.

Rispetto all'agricoltura convenzionale però, la gestione del suolo non si differenzia solamente per l'impossibilità di utilizzare determinate sostanze di sintesi, ma anche, in conseguenza a questo, per un approccio globale e sostanzialmente indiretto. In questi sistemi agricoli infatti sono prevalentemente utilizzate strategie preventive progettate a livello di sistema, attraverso un corretto impiego delle rotazioni (Stockdale *et al.* 2001). Solitamente al fine di incrementare la quantità di azoto, si provvede ad inserire leguminose all'interno della rotazione o ad utilizzare le stesse come colture di copertura oppure, per ovviare alla carenza di altri elementi, come fosforo e potassio, si provvede ad impiegare fertilizzanti di origine organica.

Il ruolo delle colture di copertura

Le *cover crops* da sovescio vengono inserite negli ordinamenti colturali oltre che per gli scopi accennati precedentemente, ovvero per l'apporto di sostanza organica e di azoto - nel caso delle leguminose-, anche con la finalità di mantenere coperto il suolo tra le due colture principali, di incrementare la capacità di infiltrazione delle acque e la stabilità strutturale del terreno e per migliorare la capacità di controllo dei fenomeni erosivi (Bonari *et al.*, 1997). La coltura di copertura cresce utilizzando gli elementi nutritivi presenti nel suolo e li sottrae così alle perdite per lisciviazione, che possono essere ingenti soprattutto in assenza della coltura, li mobilita dagli strati più profondi del suolo e li fissa in composti organici. Quando la *cover crop* viene interrata, anche parzialmente, la biomassa prodotta viene riportata al suolo in forma di sostanza organica fresca, la cui mineralizzazione libera gli elementi nutritivi, che diventano disponibili per la coltura successiva. In particolare, le *cover crops* leguminose fanno registrare un apporto netto di azoto al sistema (Doran e Smith, 1991; Mazzoncini *et al.*, 1997; Zavattaro *et al.*, 2003). Le colture di copertura, inoltre, consentono una certa riduzione della densità delle infestanti nella coltura principale per l'effetto antagonista direttamente svolto nei confronti delle specie spontanee (Teasdale *et al.*, 1991).

Il ruolo delle fonti supplementari di nutrienti

Oltre all'azoto fissato dai simbionti delle leguminose e dagli elementi nutritivi apportati mediante letame è possibile apportare sostanza organica e nutrienti ai suoli gestiti in maniera biologica, dove non ci fosse una disponibilità adeguata di questa risorsa, da fonti diverse quali altre deiezioni animali, deiezioni di lombrichi, guano, il compost domestico, miscele composte di residui vegetali prodotti o sottoprodotti d'origine animale, borlande, derivati della lavorazione del legname ecc... Spesso questi componenti si trovano in miscela tra loro in prodotti commerciali appositamente studiate per l'agricoltura biologica, di cui la ditta produttrice garantisce tanto l'origine delle materie prime impiegate quanto, entro determinate soglie di tolleranza, i tassi di elementi contenuti. È possibile utilizzare in agricoltura biologica anche sostanze minerali. Queste ultime comunque sono in molti casi sottoposte a determinate limitazioni, solitamente connesse al riconoscimento della necessità di impiego da parte dell'organismo di controllo (AA.VV., 1998).

La necessità di applicare al terreno prodotti di origine extra aziendale, di relativo costo, deriva sostanzialmente da due fattori legati a due diverse scale temporali.

-Il primo riguarda la necessità di rendere disponibili in maniera pronta elementi che altrimenti, benché presenti nel pool di scambio del suolo, non lo sono a sufficienza durante i momenti di maggior fabbisogno della coltura, in particolare fosforo ai primi momenti di sviluppo della coltura o azoto nei momenti chiave di sviluppo. Ad esempio diversi organismi di assistenza allo sviluppo agricolo suggeriscono di intervenire alla ripresa vegetativa, in coltura sofferente o in caso di forte dilavamento invernale di questo elemento, per rendere disponibile parte dell'azoto in tempi brevi. A questo proposito è proposta la distribuzione di composti organici ricchi di azoto minerale, alla fine dell'inverno ovvero non appena le condizioni del terreno (temperatura e livello di umidità) consentono una ripresa dell'attività della flora microbica. L'effetto di questi prodotti è infatti sempre legato allo stato idrico del terreno ed alle condizioni ambientali –temperatura, umidità ecc..- e ciò condiziona l'epoca di distribuzione degli stessi. Negli ambienti mediterranei, caratterizzati da imprevedibili piogge, quindi gli apporti successivi alla semina, specie quelli primaverili, spesso non sortiscono gli effetti desiderati (Biopuglia, 2006).

-Il secondo fattore da tenere in considerazione riguarda invece la necessità di mantenere sul lungo periodo in pareggio il bilancio delle risorse della fertilità del suolo quali appunto micro e macro nutrienti per quanto concerne la componente chimica, ma

anche tutte quelle parti più complesse legate alla fertilità fisica e biologica, come la flora microbica, la sostanza organica, che come è noto svolge un ruolo essenziale nel mantenimento di tutti i vari aspetti della fertilità dei suoli e della salute del sistema colturale.

Importanza della gestione delle infestanti in agricoltura biologica

Le piante infestanti sono spesso viste dagli agricoltori come uno dei principali ostacoli alla produzione agraria in agricoltura biologica e la limitata efficacia dei metodi diretti di controllo (ad es. meccanici) è percepita come una delle maggiori remore per la conversione dal metodo di produzione convenzionale a quello biologico (Beveridge & Naylor, 1999).

I metodi per il controllo diretto delle infestanti, senza l'ausilio della chimica, non sono così efficaci: i metodi di controllo fisici come erpicatura, pirodiserbo, sarchiatura, hanno una persistenza di azione ridotta, al contrario dei prodotti chimici; inoltre molte di queste pratiche, che si basano sulla lavorazione del terreno, possono determinare un aumento del tasso di mineralizzazione dell'azoto e portare in superficie nuovi semi di infestanti da strati più profondi, determinando così una loro successiva emergenza (Becker & Böhrnsen, 1994). Questo effetto è positivo se avviene a seguito di una falsa semina ma negativo se avviene durante il ciclo colturale e specialmente in una fase in cui la coltura è troppo sviluppata da permettere l'effettuazione di ulteriori trattamenti meccanici. Per quanto riguarda il pirodiserbo, è possibile che le caratteristiche morfologiche di determinate specie determinino una loro maggiore resistenza allo stress termico, diminuendo così l'efficacia del trattamento. Inoltre, i metodi diretti non chimici non godono della stessa flessibilità di impiego dei metodi chimici, in quanto le condizioni del terreno non sempre permettono di intervenire tempestivamente. Rispetto agli erbicidi, i metodi diretti di controllo delle infestanti utilizzabili in agricoltura biologica hanno quindi una più bassa sistematicità e minor persistenza di azione determinando quindi un progressivo aumento della "seed bank" (Bastiaans & Drenth, 1999).

Nei sistemi di agricoltura biologica inoltre, rispetto ai sistemi gestiti convenzionalmente, tutte le componenti interagiscono maggiormente tra loro sia nello spazio che nel tempo, di modo che i loro effetti specifici sono difficilmente separabili da quelli del sistema nel suo complesso. Questa maggiore complessità comporta necessariamente un cambiamento di approccio alla gestione delle infestanti e implica

l'esigenza di attuare una strategia di difesa complessiva e soprattutto preventiva, non limitata cioè al momento dell'insorgenza del problema (Bàrberi, 2002).

Per questo motivo, in agricoltura biologica è bene non basare il controllo delle infestanti solamente sui metodi di controllo diretto, ma è invece necessario sviluppare una strategia di gestione che tenga conto di tutte le interrelazioni che esistono, tra coltura ed infestanti, sia nello spazio (anche in relazione ai bordi e ai campi limitrofi) sia nel tempo (in relazione alle successioni colturali, agli interventi colturali passati, ai periodi di assenza di copertura del terreno, ecc.). Lo scopo di questo approccio sistemico è dunque quello di prevenire i problemi (in questo caso di infestazione) in un'ottica di medio-lungo periodo e mantenere il sistema in un equilibrio ecologico vantaggioso per l'agricoltore, caratterizzato da un maggior numero di specie spontanee ma presenti a densità ridotte. Le tecniche preventive e quelle che aumentano la competitività della coltura, infatti, vengono messe in pratica a prescindere dalla reale manifestazione dell'infestazione. Queste tecniche si possono riassumere nelle seguenti applicazioni: scelte di successioni colturali adatte, falsa semina, utilizzazione di colture di copertura e consociazioni, uso di genotipi a crescita più rapida e copertura maggiore del terreno, utilizzo del trapianto al posto della semina (nelle colture orticole), tecniche di fertilizzazione o irrigazione localizzate sulla fila della coltura.

1.2 Monitoraggio aziendale

Coerentemente ai principi sopra esposti, nel 2004 è stato impostato il lavoro di tesi di primo livello, ovvero la prima parte necessario allo sviluppo del presente lavoro. Questa prima parte è stata svolta monitorando la flora infestante delle colture agrarie presenti nell'azienda biologica, al fine di reperire quelle informazioni di base necessarie per predisporre strategie migliorate di gestione delle infestanti nei diversi sistemi colturali aziendali.

In dettaglio, sono stati realizzati cinque campionamenti floristici in un'area di 100 m² per campo, mediante il metodo dell'abbondanza dominanza di Braun-Blanquet (Braun-Blanquet, 1964), su tutti i campi messi a coltura nell'annata agraria 2003-2004. Di ogni campo sono state indicate oltre all'abbondanza-dominanza di ogni specie presente (coltura e infestanti), il grado di copertura complessivo della vegetazione e la ricchezza specifica.

I dati così raccolti sono stati adeguatamente elaborati in una serie di tabelle su foglio elettronico Excel, sia per trarne mappe di infestazione che per ricavarne elaborazioni statistiche attraverso l'analisi multivariata (Principal Components Analysis e

Redundancy Analysis) per mezzo del programma CANOCO per Windows (ter Braak & Similauer, 1998).

Le elaborazioni statistiche sono state utilizzate per individuare i fattori più importanti nel determinare la composizione floristica degli appezzamenti e quindi gli aspetti necessari allo sviluppo di una strategia efficace a migliorare la gestione della flora infestante presente in azienda.

Partendo dai dati raccolti nel 2004 nel lavoro relativo al biennio 2005-2006 presentato nel presente elaborato, si è quindi deciso di mettere a frutto le informazioni collezionate precedentemente ed in particolare quelle riguardanti le colture di erba medica e di frumento duro, sia per l'estesa superficie investita con queste colture all'interno della tenuta, rispettivamente 96,5 e 21 ha, sia per le opportunità che queste fornivano in termini di potenzialità di ottimizzazione rispetto alle pratiche colturali aziendali. Sia la medica che il frumento duro erano caratterizzate da molte infestanti tipiche di queste colture, *Lolium multiflorum* L. e *Alopecurus myosuroides* L. in frumento duro- (Viggiani & Angelini, 2002), *L. multiflorum*, *Sorghum halepense* (L.) Pers, *T. pratense* e *Picris echinoides* L. in erba medica, ed inoltre sono risultate interessate dalla presenza di altre specie per lo più causate da anomale condizioni idriche come *Equisetum* spp., oppure dalla presenza di quelle che si ritrovavano in tutti gli appezzamenti della tenuta come *Sinapis arvensis* L..

2. OBIETTIVI DELLA TESI

2.1 Erba medica 2005

La composizione floristica rilevata nei diversi appezzamenti di erba medica, ha messo in evidenza il fatto che a fronte di una notevole opera rinettante svolta da questa coltura nei confronti di tutte quelle specie annuali che altrimenti costituirebbero un serio problema, prima fra tutte *S. arvensis*, in alcuni appezzamenti infestanti annuali come *L. multiflorum*, *Geranium dissectum* L. e *A. myosuroides* non venivano controllate in maniera ottimale. A questo proposito quindi è stata ideata e realizzata una tattica di semplice esecuzione: l'anticipazione dell'epoca di sfalcio di circa 15 giorni rispetto alle condizioni standard. Questa epoca è stata individuata come il miglior compromesso tra l'esigenza di ottenere un fieno quantitativamente e qualitativamente soddisfacente e l'esigenza di controllare la disseminazione delle specie spontanee annuali. Tali specie infatti a condizioni normali riescono a perdurare lungo i quattro anni di durata del prato, rinnovando il loro stock di semi nella "seed bank" dell'appezzamento, finendo così per

ripresentarsi sulle colture successive, solitamente cereali autunno-vernini, a densità potenzialmente preoccupanti.

Questa pratica però al di là della semplicità di realizzazione, pone un solo vincolo, la realizzazione nei tempi stabiliti ed una serie di interrogativi a cui il presente lavoro tenta di dare soluzione:

-È possibile che questa tecnica riesca a diminuire la copertura complessiva della flora infestante?

-In che modo tale modifica nell'epoca di sfalcio può interferire nella composizione del prato, sia nell'arco di tempo compreso tra sfalcio e sfalcio, che sulla scala temporale di un anno?

-Può l'anticipo dello sfalcio peggiorare il livello qualitativo del fieno?

2.2 Frumento duro 2005 e 2006

Sulla base delle indicazioni emerse dal lavoro precedentemente svolto, si è provveduto ad allestire una sperimentazione per testare l'effetto dell'impiego della bulatura con *Trifolium pratense* L. il primo anno assieme a due diverse modalità di fertilizzazione e il secondo assieme ad alcune varietà (Cappelli, Cirillo, San Carlo). Al fine di testare l'effetto di bulatura, fertilizzazione e delle diverse varietà, i parametri considerati sono stati sia di carattere produttivo che indirizzati allo studio dei rapporti con la flora infestante.

Nell'azienda in questione, nonostante l'indirizzo produttivo principale sia quello della produzione da carne, proprio in virtù del regolamento di allevamento (Reg CE n 1804/99) la modalità di pascolo adottato -semi brado- (Gatta, 2004) e dell'organizzazione aziendale, non è possibile disporre di letame sufficiente alle esigenze colturali. Diventa quindi interessante andare a testare l'effetto di fertilizzanti organici di origine non sintetica - il cui uso è autorizzato dalla legislazione corrente sull'agricoltura biologica- come tecnica complementare a quella del sovescio per garantire un adeguato apporto nutritivo alla coltura e per verificare l'influenza della fertilizzazione sui rapporti che si instaurano tra la coltura, l'infestazione e il *T. pratense*.

Le diverse varietà prese in considerazione invece sono state impiantate nell'azienda biologica al fine di valutarne le attitudini pastificatorie, all'interno di un più ampio progetto di comparazione e riscoperta di antiche varietà da parte dell'Agenzia Regionale toscana per lo Sviluppo Agricolo (ARSIA). A latere di questo progetto, il

presente lavoro si occupa di valutare l'attitudine di queste varietà alla competizione con la flora infestante e le interazioni di queste con il trifoglio pratense in bulatura.

La motivazione da cui è scaturita l'esigenza di prendere in considerazione uno studio sul comportamento delle diverse varietà in un contesto di agricoltura biologica trae la sua origine dal fatto che da un lato troviamo a disposizione dell'agricoltore moderne varietà solitamente "selezionate" per adattarsi ad obiettivi connessi ad un contesto di agricoltura convenzionale, quindi dove il problema delle infestanti viene risolto attraverso l'impiego dei diserbanti di sintesi, dall'altro sempre più frequentemente si riportano pubblicazioni che evidenziano la miglior competitività delle antiche varietà. Queste sono ritenute essere più adatte ad un contesto di agricoltura biologica rispetto a quelle tradizionali perché sviluppate in un'epoca precedente all'introduzione dei diserbanti e conseguentemente con condizioni più simili alla prima (Lemerle *et al.*, 1996; Coleman et Gurjeet, 2003). In questi studi infatti si mette in evidenza come negli ultimi 50 anni si sia passati da varietà rustiche con una elevata precocità, un portamento elevato, un livello di intercettazione della luce assai alto, a varietà maggiormente produttive con "*Harvest Index*" elevato, ma con capacità competitive sostanzialmente ridotte.

In definitiva gli interrogativi a cui il presente lavoro cerca di dare risposta sono i seguenti:

- Quale effetto di controllo esercita la bulatura con *T. pratense* su frumento duro durante le due annate?
- Quale tra i fertilizzanti utilizzati è il più idoneo ad un contesto agricolo del genere, e quali effetti determina sul rapporto coltura-*T. pratense*-flora spontanea.
- Quali sono i genotipi, tra quelli presi in considerazione, più adatti ad un contesto di agricoltura biologica che utilizza tecniche sempre più diffuse come bulatura e quali effetti esercita ciascuna varietà sul rapporto coltura-*T. pratense*-flora spontanea ?

3. MATERIALI E METODI

3.1 Descrizione dei siti sperimentali e delle tecniche agronomiche

La Tenuta di San Rossore

La Tenuta di San Rossore è situata in provincia di Pisa ed è delimitata dal corso dell'Arno a sud, da quello del Serchio a nord e dalla costa tirrenica ad ovest, mentre ad est il confine, non delimitato da elementi geografici, corre ad una distanza di 5 chilometri dalla linea di costa. La Tenuta si trova all'interno di un territorio ben più esteso sottoposto a vincolo ambientale, ovvero il Parco Regionale di Migliarino-San Rossore-Massaciuccoli.

La superficie agricola (SAU) aziendale è complessivamente pari a 565 ha. In zona Arno (310 ha di seminativo + 62 ha di pioppeto) sono presenti 34 Unità produttive (appezzamenti), mentre in zona Serchio (141 ha di seminativo + 52 ha di pioppeto) ve ne sono 19. Quest'ultima zona è al momento prevalentemente caratterizzata dalla presenza di prati e prati-pascoli, mentre la zona Arno è principalmente investita a colture cerealicole (frumento, orzo, avena e mais) e leguminose foraggere annuali (favino e pisello proteico) o poliennali (erba medica). Circa $\frac{1}{4}$ della SAU è destinato alla produzione di legno di pioppo o al riposo culturale (*set aside*). Negli ultimi cinque anni, la superficie investita a pascoli per equini o bovini è diminuita di oltre il 30% (dal 40% al 27% dell'intera superficie colturale), mentre quella investita a medicaio si è stabilizzata attorno al 19%. I rimanenti ettari sono ripartiti tra le colture di cereali, mais, sorgo e favino, ciascuna presente in percentuali sempre inferiori al 10%. L'ordinamento aziendale è indirizzato verso la produzione di bovini da carne di razza Limousine, Pisana, Chianina e di meticci Limousine x Pezzata Rossa. (Secchiari & Pistoia 2004)

A partire dal 1997, l'attività agricola della Tenuta è gestita secondo i disciplinari di produzione biologica (ex Regolamento CEE/n. 2092/91; n. 1804/99), allo scopo di conservare e valorizzare l'agrobiodiversità e diminuire l'impatto delle coltivazioni sulle altre attività del Parco. (Bàrberi & Moonen, 2004).

Il lavoro svolto per la tesi si è concentrato sulle colture di erba medica e frumento duro coltivate nella zona Arno; l'erba medica nell'appezzamento A-05 ed il frumento duro negli appezzamenti A-01, A-02, A-03, nell'annata 2005 e nell'appezzamento A-10 nell'annata 2006 (fig. 3.1.1).

Tab. 3.1.2 Dati meteo relativi al periodo di sperimentazione.

Mese	Colture interessate	Temperatura Media (°C)	Pioggiosità (mm)	Giorni di pioggia (>2 mm)
Novembre 2004	Frumento 2005, E.M. 2005	11,75	98,3	9
Dicembre 2004	Frumento 2005, E.M. 2005	8,5	99,4	12
Gennaio 2005	Frumento 2005, E.M. 2005	6,8	32,5	2
Febbraio 2005	Frumento 2005, E.M. 2005	5,8	42,7	5
Marzo 2005	Frumento 2005, E.M. 2005	10,1	39,6	4
Aprile 2005	Frumento 2005, E.M. 2005	13,7	41,4	4
Maggio 2005	Frumento 2005, E.M. 2005	19,5	49,5	3
Giugno 2005	Frumento 2005, E.M. 2005	23,4	15,0	2
Luglio 2005	Frumento 2005, E.M. 2005	24,8	17,5	1
Agosto 2005	E.M. 2005	23,8	27,4	3
Settembre 2005	E.M. 2005	21,2	93,7	6
Ottobre 2005	E.M. 2005	17,0	104,9	5
Novembre 2005	E.M. 2005, Frumento 2006	11,6	134,4	10
Dicembre 2005	E.M. 2005, Frumento 2006	7,0	91,7	10
Gennaio 2006	E.M. 2005, Frumento 2006	6,4	83,8	5
Febbraio 2006	E.M. 2005, Frumento 2006	8,1	91,9	10
Marzo 2006	E.M. 2005, Frumento 2006	10,5	19,6	4
Aprile 2006	E.M. 2005, Frumento 2006	14,8	33,8	2
Maggio 2006	E.M. 2005, Frumento 2006	18,5	48,8	7
Giugno 2006	Frumento 2006	22,1	0	0
Luglio 2006	Frumento 2006	27,0	35,6	4



Fig. 3.1.1 Zona Arno della tenuta di San Rossore realizzata attraverso il programma Google Earth. In evidenza i campo A-01, A-02, A-03, A-05 e A-10. ([http:// earth.google.com](http://earth.google.com), 2006)

3.1.1 Erba medica 2005

Nell’appezzamento in analisi (fig. 3.1.2) è presente un prato di erba medica (*Medicago sativa* L.) impiantato nell’annata agraria 2004, che viene qui studiato durante il 2° anno di sviluppo. Tutto il campo (22,2 ha) è stato interessato dalla prova sperimentale. I bordi dell’appezzamento in questione sono caratterizzati da una struttura generalmente semplice composta per lo più da una rete metallica o da fossi; in particolare, il suo lato maggiore (670 m), quello meridionale, è delimitato da un fosso profondo circa 2 m ed è caratterizzato da una composizione floristica abbastanza diversificata; il lato Est confina per 200 m con un altro appezzamento senza particolari strutture di delimitazione, ad Ovest invece l’appezzamento è separato per 306 m dal resto della macchia da una pioppeta, lungo il lato Nord, corre una rete metallica separata dal resto

della macchia del parco da una scolina e da una serie di siepi di rovo (*Rubus fruticosus* Bramble) e cespugli bassi, alti al massimo 1,5 m. (Moonen *et al.* 2004).

Da quando la tenuta ha adottato un regime di coltivazione secondo i disciplinari dell'agricoltura biologica (1997), le coltivazioni ospitate sul terreno utilizzato per la prova sono state le seguenti: erba medica fino al 1999, nel 1999/2000 orzo ed avena, nel 2000/2001 mais, nel 2001/2002 favino, nel 2002/2003 avena e nel 2003/2004 è stata impiantata l'erba medica.

Le caratteristiche del terreno, risultate dalla media di 7 campionamenti effettuati nel 2000 (Silvestri *et al.* 2003) sono le seguenti: la tessitura risulta franco-sabbiosa (argilla 17,6%, limo 32,4%, sabbia 50,0%); il contenuto di sostanza organica è pari al 2% (con valori massimi e minimi rispettivamente del 2,5 e 1%); il pH a 7,8 (tra 7,7 e 8,1) ; il contenuto di N totale a 2,2‰ (tra 1,3 e 2,8‰) e il contenuto di fosforo scambiabile (metodo Olsen) a 4,8 ppm (tra 3,7 e 6,1 ppm). Le lavorazioni di preparazione del letto di semina sono state eseguiti nella prima settimana di marzo e sono consistite in una aratura a 30 cm di profondità con aratro quadrivomere seguita dall'utilizzo di un erpice a dischi per permettere l'affinamento del terreno. In seguito è stato passato un rullo frangizolle per rendere omogeneo il profilo del terreno e migliorare le condizioni di porosità per la riuscita delle operazioni di impianto della coltura mediante semina, operazione eseguita con seminatrice a file alla densità di 40 kg di seme per ha.

3.1.2 Frumento duro 2005

Nell'appezzamento prescelto, il 20 novembre 2004 sono state seminate due differenti varietà di *Triticum durum* Desf. (Creso e Colosseo), la prima nella porzione Ovest dell'appezzamento e la seconda in quella Est. I trattamenti sperimentali, oggetto della prova di cui qui si riferisce, sono stati ubicati nella zona Est dell'appezzamento, ovvero quella seminata con la varietà Colosseo. Tale varietà risulta essere caratterizzata da una buona produttività nell'areale Centro-Sud d'Italia ed una discreta produzione al centro nel versante tirrenico (5,5 t ha⁻¹), da cui spesso si ottiene un buon peso ettolitrico (83,4



Fig. 3.1.2 L'appezzamento A-05 visualizzato attraverso il programma Google Earth. In evidenza le due parcelle su cui sono state allestite le due tesi. ([http:// earth.google.com](http://earth.google.com), 2006)

kg hl⁻¹), un buon peso di 1000 semi (47,5 g), un buon contenuto in ceneri ed uno scarso indice di giallo. La taglia è definita di medio sviluppo (84 cm), il colore delle reste chiaro, l'accestimento buono, è resistente all'allettamento ed è caratterizzata da una precocità medio-tardiva. Risulta inoltre mediamente resistente alla ruggine bruna e mediamente suscettibile all'oidio (www.biopuglia.iamb.it).

I tre campi in analisi sono gestiti come un'unica unità colturale dal 2001 e misurano complessivamente 26 ha. A Nord il campo è delimitato da due diversi elementi di bordo: una rete metallica che separa l'appezzamento da un corridoio sfalcato largo un paio di metri, particolari strutture di delimitazione dal campo limitrofo. Il lato Ovest

corre lungo un fosso che nella parte settentrionale è caratterizzato dallo sviluppo di una vegetazione arbustiva, mentre nella parte meridionale è presente il solo fosso le cui sponde sono caratterizzate da una bassa diversità floristica. Il bordo Sud è composto da una rete metallica attorno alla quale si sviluppa una vegetazione arbustiva con altezza superiore ai tre metri, oltre la quale si trova un fosso ed una strada bianca utilizzata per il trasporto dei mezzi meccanici, anche in questa zona del bordo la differenziazione floristica è bassa. I due bordi ad Est sono composti da una rete attorno alla quale si sviluppa una vegetazione arbustiva e da una rete metallica con scarsa vegetazione. (Bàrberi & Moonen, 2004).

Dal 1997, da quando il parco segue il disciplinare di produzione biologica, il campo in questione ha ospitato le seguenti colture: 1997/1998 erba medica, 1998/1999 frumento tenero, 1999/2000 la parte più orientale (A-01) ha ospitato una coltura di frumento tenero e segale, mentre la restante parte è stata seminata con frumento dal 2000/2001 al 2003/2004 tutto l'appezzamento ha ospitato una coltura di erba medica.

La tessitura del terreno risulta franco-argillosa nelle zone nord-est, tendendo al franco-sabbioso se ci si sposta in direzione sud-ovest, con una dotazione di sostanza organica compresa tra 1,4 e 2,6 % , un pH compreso tra 7,68 e 8, una disponibilità di azoto compresa tra 1,35 e 2,82‰ e di fosforo scambiabile (metodo Olsen) compresa tra 4 ed 9,5 ppm (Silvestri, 2000).

L'annata agraria 2004-05 nella pianura litoranea pisana è stata caratterizzata da una piovosità leggermente inferiore alla media, concentrata prevalentemente nei mesi autunnali (dal 20 novembre al 22 luglio sono caduti 424 mm di pioggia, dati rilevati presso la stazione meteorologica di Bocca d'Arno) (Tab.3.1.2). L'andamento delle temperature, rigide in inverno ed elevata in primavera (Tab.3.1.2), ha contribuito al buon sviluppo delle colture nelle fasi del ciclo fino all'accestimento.

Le lavorazioni principali del terreno sono state eseguite nella stessa giornata della semina, il 20 novembre 2004, utilizzando un aratro quadrivomere alla profondità di 25 cm. Nella stessa giornata il terreno è stato affinato con un erpice rotante munito di rullo frangizolle. La semina è avvenuta ponendo le distanze tra le file a 15 cm e impiegando una dose di seme pari a 200 kg ha⁻¹. La fertilizzazione, nelle tesi interessate, è stata eseguita tra il 20 ed il 25 marzo 2005 in due trattamenti successivi, utilizzando concime pellettato distribuito mediante spandiconcime a doppia centrifuga, in modo da permettere lo spargimento di due fertilizzanti: "Dix 10 N" e "Guanito" sulle tesi trattate con la fertilizzazione F1, mentre sulle tesi fertilizzate con F2 sono stati distribuiti i

concimi “Fertil” e “Grano Sano”. Il 21 marzo 2005 le tesi sottoposte a bulatura con *Trifolium pratense* L. Cv Tempus, sono state seminate a spaglio, con una dose di 30 kg ha⁻¹ di seme, utilizzando la stessa macchina operatrice, lo spandiconcime a doppia centrifuga. Subito dopo lo spargimento del fertilizzante pellettato e della semente di trifoglio, in data 25 marzo 2005, è stata eseguita una erpicatura con erpice strigliatore, oltre che per migliorare l'interramento del fertilizzante e del seme, anche al fine di controllare direttamente la flora infestante già sviluppata. Infine la coltura è stata raccolta in tre diversi passaggi (12, 21 e 22 luglio 2005).

3.1.3 Frumento duro 2006

Il campo in questione è ubicato nella zona sud occidentale del complesso degli appezzamenti localizzati in zona Arno. Il lato Nord è caratterizzato da una palizzata che sostiene una rete metallica intersecata da una serie di arbusti,. Il lato orientale è caratterizzato dalla presenza di siepi ed arbusti per un'altezza complessiva di 2-3 m,. Il lato Sud è caratterizzato dalla presenza di due filari di alberi di altezza superiore a 8-10 m sotto la cui chioma si sono sviluppati rovi ed arbusti. Il lato occidentale è caratterizzato da una serie di arbusti dell'altezza di 2-3 metri che separano il campo dalla macchia costiera del parco.

Il campo A-10 è suddiviso da 8 scoline, che corrono da Est ad Ovest, in 9 parcelle, 7 delle quali grossomodo equivalenti, mentre 2 risultano significativamente meno estese in conseguenza della orma del campo stesso; il bordo occidentale infatti è stato realizzato con un'angolatura diversa rispetto al lato opposto, così da ridurre successivamente le parcelle 8 e 9 (vedi fig. 3.1.3).

Dalla conversione al sistema di produzione biologico dell'azienda il terreno in questione ha ospitato: dal 1997 al 2000 un pascolo per equini, nel 2000/2001 il favino, nel 2001/2002 l'orzo e dal 2002/2003 al 2004/2006 un prato di erba medica.

La composizione del terreno, riportata come media di 3 campionamenti eseguiti nel 2000 (Silvestri *et al.* 2003) risulta franco-argillosa (24,2% argilla, 37,4% e 38,3% sabbia). Il contenuto di sostanza organica risulta pari al 3,67% (con valori estremi di 2,3 e 4,5%), il pH a 6,27 (tra 5,8 e 7,2) e il contenuto di azoto totale e fosforo (Olsen) rispettivamente pari a 4,1‰ e 2,6 ppm.

L'andamento climatico relativo al periodo di coltivazione è riportato in tabella (tab 3.1.2)

In questo appezzamento sono state seminate tre varietà di *Triticum durum* Desf. (Cappelli, San Carlo e Cirillo); la varietà Cappelli è stata seminata in data 10 novembre 2005 nelle prime 4 parcelle, per una superficie complessiva di 3 ha, mentre le varietà Cirillo e San Carlo sono state seminate in data 24 novembre 2005, rispettivamente nelle parcelle 5/6/7, (superficie complessiva: 2,7 ha) e 8/9 (0,65 ha).



Fig. 3.1.3 L'appezzamento A-10 visualizzato attraverso il programma Google Earth. In evidenza le 9 parcelle su cui sono state allestite le due tesi. (B., Bulato ; N.B., Non Bulato; Cir., Cirillo; S.C. San Carlo; Cap., Cappelli.)

(<http://earth.google.com>, 2006)

La varietà Cappelli, di antica costituzione, è caratterizzata da una qualità della granello ottima, precocità media, da una taglia molto alta (130 cm), produttività mediocre, da una mediocre resistenza all'allettamento, da un accestimento scarso; per quanto riguarda la suscettibilità alle malattie, questa varietà, è caratterizzata da una buona resistenza. La varietà Cirillo è caratterizzata anch'essa da una precocità media, mentre la taglia in questo caso è considerata bassa, la produttività buona così come buona risulta la resistenza all'allettamento; tale varietà risulta essere suscettibile alla ruggine bruna ma mediamente resistente all'oidio. La varietà San Carlo è considerata tra le

varietà testate la più precoce, e quella avente la taglia più bassa (73cm), la produttività in linea di massima è considerata buona; tale varietà risulta resistente all'allettamento e mediamente resistente all'oidio, risulta invece suscettibile alla ruggine bruna.

Le lavorazioni principali sono state eseguite durante la prima settimana di novembre sono consistite nelle seguenti operazioni: aratura con aratro quadrivomere a 30 cm di profondità seguita dal passaggio di un erpice rotante munto di rullo frangizolle, quindi è stata eseguita una concimazione in pre-semina con 250 kg/ha di Dix10 (10-3-3). La semina è stata eseguita in tempi differenziati per le diverse prove come descritto precedentemente ponendo una distanza di 15 cm tra le file ed impiegando 250 kg ha⁻¹ di seme.

Tutto il campo è stato trattato mediante le medesime tecniche colturali di impianto e gestione delle malerbe ovvero è stata eseguita un'erpatura con erpice strigliatore strigliatura, nella settimana compresa tra il 10 ed il 17 aprile su tutto l'appezzamento,. solo al momento della semina del trifoglio, avvenuta in data 10 aprile 2006, è stato applicato un diverso trattamento tra le tesi bulate, i campi 3,6,8, e le restanti tesi di controllo (1,2,4,5,7 e 9).

La piovosità dei mesi di novembre, dicembre 2005 e gennaio 2006 (tab 3.1.2), unita alle condizioni del terreno, il quale presenta una percentuale di argilla superiore agli altri campi in analisi, hanno determinato uno stato di saturazione idrica del terreno tale che una buona percentuale, quantificabile attorno ad un 20% ad una stima visiva di frumento seminato in novembre è emersa soltanto alla fine di febbraio ed in maniera assai stentata (vedi foto 3.1.1). In particolare, la zona dove è stata seminata la cv. San Carlo ha subito una maggiore intensità del ristagno idrico, a causa dell'ombreggiamento operato dalla vegetazione arborea limitrofa, e conseguentemente una maggiore fallanza di emergenza.(foto 3.1.2). Ad ogni modo anche le altre varietà, in particolare la Cappelli, hanno risentito della sfavorevole condizione idrica del terreno e conseguentemente hanno riportato notevoli fallanze.



Foto 3.1.1 Ristagno idrico verificatosi presso i campi 8,9 presso l'appezzamento A-10 (28 febbraio 2006)



Foto 3.1.2 Diradamento della coltura riscontrato sui campi 1,2,3,4 dell'appezzamento A-10 (5 aprile 2006).

3.2 Trattamenti sperimentali

3.2.1 Erba medica 2005

Dopo un sopralluogo effettuato in data 6 maggio 2005 è stato suddiviso il campo di medica in due porzioni, quella occidentale di circa 10 ha e quella orientale di circa 8,5 ha, tracciando una linea perpendicolare al lato meridionale dell'appezzamento con origine nel punto in cui la strada di accesso si interseca con esso. Alle due zone sono stati abbinati altrettanti trattamenti sperimentali, consistenti in due epoche diverse di sfalcio. In particolare, la porzione ad Est della linea è stata sfalciata nel momento ottimale di crescita dell'erba medica al fine di ottenere un foraggio con buone caratteristiche quanti-qualitative (1/3 della coltura in fase di fioritura). La porzione occidentale è stata invece sfalciata nell'epoca che rappresentava il miglior compromesso tra il raggiungimento di un buon standard qualitativo dell'erba e la massima prevenzione della disseminazione da parte delle infestanti maggiormente problematiche e la cui abbondanza, in relazione alla loro modalità principale di riproduzione (per seme), si presuppone possa essere gradualmente ridotta mediante lo sfalcio. Queste ultime, dai risultati di un monitoraggio condotto in precedenza (anno 2003), sono apparse essere *L. multiflorum* Lam., *Alopecurus myosuroides* L., *P. echinoides* L. In pratica, nella porzione occidentale dell'appezzamento lo sfalcio è stato anticipato di un paio di settimane rispetto alla porzione orientale. Complessivamente, sono stati effettuati 4 sfalci per porzione. Gli sfalci sono quindi stati effettuati nelle seguenti date: nella porzione occidentale il 16 maggio, 21 giugno il 12 agosto, ed il 12 ottobre 2005; nella porzione orientale il 30 maggio, l'8 luglio, il 31 agosto ed il 23 ottobre 2005.

3.2.2 Frumento duro 2005

In metà dell'appezzamento, il frumento cv. Colosseo è stato consociato con *Trifolium pratense* L. cv. Tempus seminato a spaglio il 21 marzo 2005 alla dose di 30 kg ha⁻¹ e immediatamente interrato con un passaggio di erpice strigliatore. Nell'altra metà dell'appezzamento, invece, il frumento non è stato consociato. In ciascuna delle due metà sono state inoltre confrontate tre tesi di concimazione: un testimone non concimato e due mix di quattro fertilizzanti organici autorizzati per l'impiego in agricoltura biologica ai sensi del Reg. CEE 2092/91 (Tab 3.2.1). Nelle tesi trattate con il Mix F1 sono stati distribuiti in un primo passaggio 350 kg/ha di "dix" (10-3-3) e durante il secondo passaggio sono stati distribuiti 1,5 q/ha di "guanito" (6-15-3). Nelle

tesi trattate con il Mix F2, sono stati distribuiti 300 kg/ha di “fertil” (12-5-0) nel primo passaggio e 200 kg/ha di “grano sano”(4-15-0) durante il secondo. I dettagli sulla composizione dei diversi fertilizzanti impiegati sono riportati in Tab. 3.2.1. Per entrambi i mix di fertilizzanti, è stata utilizzata una dose complessivamente pari a circa 45 kg N/ha. La differenza sostanziale tra le due miscele di fertilizzanti è l'apporto di potassio, presente in F1 ed assente in F2.

Tab 3.2.1 Denominazione, nome commerciale, ditta distributrice, materie prime di composizione e contenuti percentuali (Ntot = azoto totale, Norg = azoto in forma organica, P₂O₅ = fosforo, K₂O= potassio, CaO = calcio C = carbonio) dei fertilizzanti utilizzati nei due mix (tab.3.2.3)

Denominazione	Nome commerciale	Ditta distributrice	Materie prime	Ntot	Norg	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	C
Miscela di concimi organici NP	Dix 10 N	Italpollina	Borlanda da melasso di barbabietola, farina di piume e penne, guano e pollina	0	10	3	3	0	42
Miscela di concimi organici NP	Guanito	Italpollina	Borlanda da melasso di barbabietola, guano e pollina	6	0	15	0	10	0
Pelli e crini	Fertil	Ilsa	Pelli e crini	0	12,5	0	0	0	0
Concime organo-minerale NP	Grano Sano	Ilsa	Cuoio e pelli, Fosfato naturale tenero	4	4	15	0	0	19

Tab 3.2.3 Composizione dei mix di fertilizzanti F1 ed F2 per prodotto commerciale, composizione percentuale di azoto fosforo e potassio (N-P₂O₅- K₂O) e dose distribuita espressa come prodotto commerciale e come unità fertilizzanti.

Fertilizzazione	F1		F2	
Prodotto	Dix 10 N	Guanito	Fertil	Grano Sano
N-P ₂ O ₅ - k ₂ O	10-3-3	6-15-3-	12-5-0	4-15-0
kg/ha tal quale	350	150	300	200
N	45 kg/ha		45,5 kg/ha	
P ₂ O ₅	31 kg/ha		30 kg/ha	
K ₂ O	13 kg/ha		0	

3.2.3 Frumento duro 2006

Le 9 parcelle in cui è stato suddiviso l'appezzamento sono state seminate con tre diverse varietà, secondo un protocollo sperimentale messo a punto dall'Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione in Agricoltura (ARSIA-Toscana). La varietà Cappelli è stata seminata nelle parcelle 1,2,3 e 4; la varietà Cirillo nelle parcelle 5,6 e 7 e la varietà San Carlo nella 8 e 9, tutte e tre alla stessa densità ovvero 250kg di seme per ha. Tre parcelle, una per ogni varietà, sono state bulate con trifoglio pratense (*Trifolium pratense* L. cv. Tempus) seminato a spaglio alla dose di 30 kg/ha il 10 aprile 2006 su una striscia di circa 4.500 m² (300 x 15 m) per ognuna delle parcelle, interessate dalla bulatura. Nella prova condotta nell'anno 2006, anche sulla base dei risultati ottenuti nell'anno 2005, si è deciso di non inserire la fertilizzazione come ulteriore fattore sperimentale, per cui tutte le parcelle hanno ricevuto 250 kg ha di Dix 10 in presemina.

3.3 Determinazioni sperimentali

3.3.1 *Erba medica* 2005

Composizione della vegetazione infestante

Per quanto concerne il monitoraggio della flora infestante sono stati eseguiti 3 rilievi su ogni parcella, e un rilievo iniziale su tutto il campo, in modo da ottenere una mappa di infestazione prima di ogni sfalcio. In pratica è stato eseguito un rilievo iniziale in data 6 maggio 2005 che ha permesso di recuperare informazioni utili allo sviluppo della strategia complessiva di gestione della prova, successivamente sono stati eseguiti campionamenti nella porzione occidentale il 16 giugno e il 22 novembre 2005 e il 2 maggio 2006, mentre i campionamenti nella zona orientale sono stati eseguiti il 6 luglio e 23 agosto 2005 e il 2 maggio 2006.

Dopo aver preso visione dei dati collezionati nel 2004 sul monitoraggio dell'infestazione del campo e dopo aver eseguito il primo sopralluogo, si è deciso di utilizzare il metodo dell'abbondanza dominanza di Braun Blanquet (Braun-Blanquet, 1964), un classico metodo di analisi fitosociologica. Esso si basa sulla stima visiva contemporanea dell'abbondanza (densità) e dominanza (copertura) delle popolazioni vegetali all'interno della biocenosi di un appezzamento. La valutazione avviene attraverso l'associazione di una classe di "abbondanza-dominanza" ad ogni popolazione presente nella parcella (Tabella 3.4.1)

Le prime quattro classi si riferiscono principalmente al numero di individui (densità) presenti nelle aree di campionamento (100 m^2), il numero di individui ogni 100 m^2 è stato adattato interpretando le classi proposte da van der Maarel (Jongman *et al.* 1995), mentre le ultime quattro si riferiscono esclusivamente alla percentuale di copertura del terreno delle specie in questione. Sempre a riguardo della copertura, è stato preso in analisi un altro parametro, ovvero la copertura totale delle parcelle utilizzate, per indicare se vi fossero eventuali zone di terreno scoperte all'interno della coltura.

La procedura di rilievo ha previsto l'esecuzione dei campioni successivi al primo sempre all'interno della stessa area, individuata come la meno influenzata dagli effetti di bordo. In pratica sono state delineate 5 parcelle (nord, sud, est, ovest e centro) di 100 m^2 ciascuna per ogni rilievo, così individuate: i rilevatori si spostavano lungo la linea di divisione delle due parcelle, nella metà della linea di demarcazione sono stati contati 125 passi verso l'interno della porzione in analisi, al 125° passo è stato realizzato il primo dei cinque rilievi; quindi, da ogni angolo del quadrato utilizzato come zona

centrale di campionamento sono stati contati 75 passi in direzione del vertice corrispondente della parcella, così da individuare ulteriori 4 quadrati di 10 m di lato, corrispondenti ai 4 punti cardinali. Il primo campionamento è stato realizzato con la stessa metodologia, ma le parcelle centrali sono state individuate sulla retta che in seguito sarebbe stata indicata come quella di distinzione delle due porzioni.

Una volta tracciati i quattro lati di ciascun quadrato, si è passati ad analizzare il numero di specie presenti al loro interno. In seguito, per ciascuna specie si è provveduto alla stima visiva della copertura percentuale della vegetazione rispetto al terreno e dell'indice di abbondanza-dominanza di Braun-Blanquet. Questo metodo di rilievo è rapido e semplice e permette di valutare l'Abbondanza di una determinata specie utilizzando due parametri (densità e copertura) contemporaneamente anziché uno solo, anche se richiede un certo grado di esperienza ed una discreta conoscenza a priori dell'appezzamento da analizzare. A tal fine, il rilievo è stato condotto nella maggior parte dei casi da due operatori in contemporanea, i cui dati sono stati confrontati in modo da conferire maggiore oggettività all'analisi.

I campionamenti sono stati realizzati in complessive 6 giornate per un totale di 40 parcelle analizzate tra maggio 2005 e maggio 2006.

Biomassa della coltura e della vegetazione infestante.

In entrambe le porzioni in cui è stato suddiviso l'appezzamento sono stati effettuati campionamenti prima dello sfalcio per determinare la qualità e la quantità della biomassa presente, e conseguentemente l'entità della produzione della coltura. I rilievi della biomassa sono stati effettuati in quattro aree di saggio di 1 m² per ogni porzione e, similmente alla raccolta dei dati relativi alla composizione della vegetazione infestante, i rilevatori si sono spostati al centro della linea che suddivide l'appezzamento in due e da quel punto sono stati contati 100 passi verso il centro della porzione e in quel luogo è stato posto il centro di una croce ai cui vertici, distanti 50 passi verso ogni punto cardinale, sono stati prelevati i 4 campioni di biomassa. In totale sono quindi stati raccolti 24 campioni di biomassa del prato. I prelevamenti sono stati effettuati mediante sfalcio manuale con l'ausilio di un falchetto e la biomassa così prelevata è stata riposta in sacchetti di nylon stagni al fine di alterare minimamente il peso fresco della biomassa stessa durante il trasporto al laboratorio di campagna. Qui, i campioni raccolti sono stati suddivisi in sottocampioni al fine di determinare la composizione floristica del prato. In particolare, da ogni campione è stato prelevato un sottocampione di circa un quinto del

peso complessivo per effettuare le analisi qualitative del prato, mentre la restante parte è stata suddivisa mediante cernita manuale tra infestanti ed erba medica, realizzando così tre diversi sottocampioni per ogni prelievo. I sottocampioni, sistemati in sacchi di carta e riposti all'interno di un sacco in cellophane, sono stati portati presso il laboratorio del Dipartimento di Produzioni Animali della Facoltà di Medicina Veterinaria dell'Università di Pisa dove, dopo essere stati pesati per ricavare i relativi pesi freschi, sono stati posti in stufa a 70°C sino a peso costante al fine di determinare i relativi pesi secchi e rendere i campioni adatti all'analisi qualitativa. L'analisi in questione è stata effettuata dal personale del laboratorio dello stesso Dipartimento. Tale analisi ha riguardato i parametri relativi alla qualità dell'erba sfalciata e in particolare: contenuto in proteina, lipidi, fibra, estrattivi inazotati e ceneri.

In definitiva, su ogni campione sono stati resi disponibili i seguenti dati derivati da misurazione diretta: il peso secco e fresco totale della biomassa sfalciata, la biomassa fresca e secca delle infestanti e dell'erba medica e la composizione qualitativa del prato.

3.3.2 Frumento duro 2005

Densità della vegetazione infestante

Per quanto riguarda il monitoraggio della flora infestante nel frumento, nell'anno 2005 sono stati eseguiti due rilievi, distanziati nel tempo, di densità ovvero del numero di plantule di ciascuna specie presenti in ogni area di saggio analizzata. Il metodo della densità è accurato e permette di determinare con precisione il numero di individui presenti all'interno dell'area analizzata; tuttavia, in presenza di individui accestiti o appartenenti a specie perenni, si possono riscontrare difficoltà nell'individuazione del singolo individuo. Ad ogni modo, per il fatto che il rilievo è stato eseguito su una coltura annuale, in cui tali specie erano poco abbondanti, non sono state riscontrate particolari difficoltà nell'individuazione delle infestanti, che erano soprattutto presenti allo stadio di plantula o di prime foglie vere durante il primo campionamento.

Dopo un accurato sopralluogo, effettuato per scegliere la più opportuna metodologia di rilievo, sono state individuate le aree di saggio, rappresentate da un quadrato metallico di 50 cm di lato. Il numero di aree di saggio da censire per ogni tesi è stato determinato in campo al momento del primo rilievo: in primo luogo era stato previsto di utilizzarne 12 ma, appurato il fatto che già 8 aree per tesi fornivano risultati sufficientemente

rappresentativi ed omogenei, si è optato per quest'ultima soluzione, corrispondente a 2 m² complessivi per tesi e rilievo. Le varie aree di saggio sono state così posizionate: misurata la lunghezza dell'area da sottoporre a campionamento in circa 500 passi, si è deciso di posizionare la prima e ultima area di saggio a 100 passi dalla fine del campo per evitare l'effetto bordo, mentre le altre aree sono state distanziate di 50 passi l'una dall'altra. I rilevatori, partendo dal centro del campo, si sono mantenuti il più possibile equidistanti dal confine dello stesso “lanciando” casualmente il quadrato ogni 50 passi alternativamente a destra e a sinistra rispetto alla bisettrice dell'appezzamento ospitante una data tesi. Tutte le aree sono state numerate da 1 a 8 tenendo conto della loro posizione (1 = sud ... 8 = nord) . Il rilevamento vero e proprio è consistito nella conta degli individui di ciascuna specie (plantule o adulti) presenti all'interno delle aree di saggio. In caso di specie con densità particolarmente elevata, si è provveduto ad eseguire una stima visiva, espressa sulla base del conteggio effettivo del numero di plantule presenti in una sotto-area del quadrato.; inoltre è stata anche rilevata la densità, lo stadio fenologico e l'altezza della coltura.

Il rilievo delle infestanti è stato ripetuto dopo circa un mese al fine di valutare eventuali modifiche nella composizione della flora infestante in relazione ai trattamenti sperimentali imposti.

I rilievi floristici sono stati eseguiti da due operatori sia per poter superare la difficoltà nell'identificazione delle specie presenti allo stadio di plantula, sia per ottimizzare la stima della densità delle specie più abbondanti – e quindi più onerose da censire – come il trifoglio pratense. Il primo campionamento è stato effettuato dal 13 al 18 maggio 2005 e il secondo dal 22 al 25 giugno 2005. All'epoca del primo rilievo, la coltura si trovava in fase di spigatura e presentava un'altezza all'incirca di 75-80 cm; il trifoglio, dove presente, aveva un'altezza di circa 5-10 cm (vedi foto 3.2.1).

All'epoca del secondo rilievo, il frumento era allo stadio di maturazione piena, mentre il trifoglio presentava un'altezza di circa 20 cm.

Biomassa della coltura e della vegetazione infestante

In ciascuna tesi, sono stati inoltre effettuati campionamenti alla raccolta per determinare la quantità e qualità della biomassa presente (infestanti e trifoglio traseminato), nonché la produzione del frumento e le sue componenti. I rilievi di biomassa sono stati effettuati in tre aree di saggio di 1 m² per ciascuna tesi, la prima posizionata a 125 passi dal bordo del campo, la seconda a 125 passi dalla prima e la

terza alla stessa distanza dalla seconda. In totale, sono stati quindi raccolti 18 campioni di biomassa della coltura e altrettanti della biomassa rimanente (trifoglio + infestanti). Il prelevamento della biomassa è stato effettuato mediante sfalcio manuale con l'ausilio di un falchetto. I campioni contenenti la biomassa della coltura sono stati legati con spago sintetico agricolo, inseriti in appositi sacchetti di carta e successivamente posti in serra presso il Centro Interdipartimentale di Ricerche Agro-ambientali (CIRAA) "E. Avanzi" dell'Università di Pisa a San Piero a Grado, al fine di consentirne la completa essiccazione e la conservazione in attesa dell'analisi. I campioni di biomassa delle infestanti sono stati invece posti in sacchetti di plastica trasparenti chiusi manualmente attraverso un nodo e conservati, sempre presso il CIRAA "E. Avanzi", in cella frigorifera a 4 °C, per evitarne l'appassimento e la conseguente difficoltà di



Foto 3.2.1 Sviluppo del Trifolium pratense L. tra le fila di frumento duro in A-01 (13 maggio 2005).

riconoscimento. Per facilitare l'opera di elaborazione dei dati in laboratorio, in campo durante il riempimento dei sacchetti, è stata separata dove possibile la biomassa del trifoglio da quella dell'erba medica. Tale specie infatti risultava assai sviluppata

all'interno della coltura, in conseguenza del fatto che le operazioni di preparazione del letto di semina dopo il prato triennale della stessa, sono state eseguite in condizioni non ottimali.

Purtroppo, a causa della siccità presente in campo al momento del rilievo, non è stato possibile raccogliere adeguatamente il trifoglio, poiché una consistente quantità risultava troppo avvizzita per poter essere maneggiata con la dovuta cura. I dati della biomassa del trifoglio sono quindi da considerare una sottostima dell'effettiva produzione.

I campioni relativi alla biomassa della coltura sono stati analizzati presso il laboratorio di campagna del CIRAA "E. Avanzi". Da ciascun "mannello", dopo la determinazione del peso fresco è stato estratto un sottocampione rappresentativo (circa un terzo del peso totale del manello) e di questo sono stati contati culmi e spighe. Successivamente, sono state contate tutte le spighe del manello prelevato in campo, che sono state staccate dal culmo per mezzo di cesoie. I culmi del sottocampione sono stati posti in appositi sacchetti di carta e posti in stufa a 70°C per l'essiccazione, che si è protratta per 48 h, periodo oltre il quale non sono state registrate variazioni di peso.

Le spighe così essiccate sono state quindi sottoposte a trebbiatura tramite apposita macchina trebbiatrice e la granella è stata posta nuovamente all'interno di sacchetti di carta chiusi mediante spillatrice e nuovamente sottoposti ad essiccamento in stufa (nelle stesse condizioni) per la determinazione del peso secco.

Sui campioni della biomassa estranea al frumento è stato innanzitutto determinato il peso fresco totale. Si è quindi provveduto a separare l'erba medica dal resto delle infestanti. A causa della lunghezza del periodo di conservazione in frigo (intorno ai 30 giorni), la suddivisione nelle diverse specie componenti la biomassa è risultata alquanto difficoltosa; in particolare, in più di un caso è risultato impossibile distinguere l'erba medica dal resto delle infestanti: si è quindi provveduto ad accorpare i dati della biomassa di erba medica con quelli del resto della flora infestante. Anche in questo caso i campioni sono stati posti in stufa per determinarne il peso secco.

In definitiva, quindi, dalla biomassa prelevata dalle aree di saggio di 1 m² sono stati tratti i seguenti dati per misurazione diretta: peso fresco del frumento, peso fresco del sotto-campione, peso fresco delle spighe del sotto-campione, numero delle spighe del sotto-campione, numero delle piante del sotto-campione, numero delle spighe totali, peso secco delle paglie del sotto-campione, peso secco della granella, ed inoltre il peso fresco e secco del trifoglio e delle altre specie infestanti.

3.3.3 *Frumento duro 2006*

In pratica sono state eseguite le stesse procedure seguite per l'analisi del frumento duro nell'anno 2005 su A-01,02,03. Le differenze sostanziali tra i rilievi condotti nei due anni hanno riguardato il numero di rilevamenti, la disposizione delle parcelle e la conservazione dei campioni.

Densità della vegetazione infestante

Anche in questo caso sono stati eseguiti due rilievi di densità. È da notare che, durante i rilevamenti, la maggior parte degli individui riscontrati nelle aree di saggio si trovava in uno stadio di sviluppo assai precoce (plantula o prime foglie vere); in particolare, tale situazione è stata riscontrata in occasione del primo rilevamento. Il primo rilevamento è stato effettuato il 6 aprile 2006, impiegando come area di saggio un quadrato metallico di 50 cm di lato. Sono state censite 12 aree di saggio censite in ogni parcella, pari ad una superficie di 3 m² a parcella.

Le varie aree di saggio sono state posizionate all'interno di ciascuna parcella secondo la seguente modalità: il rilevatore, dopo aver percorso 75 passi nella zona centrale della stessa al fine di escluderne i bordi dalla rilevazione, procedeva compiendo un avanzamento a zigzag casuale e lanciando il quadrato ogni 20 passi. Tale modalità di campionamento ha permesso di raccogliere campioni in maniera non preordinata nelle varie zone della parcella, con esclusione di quelle limitrofe alle scoline, ed escludendo inoltre le zone più prossime ai bordi meridionali e settentrionali. Tutte le aree sono state numerate da 1 a 12 tenendo conto della posizione (1 = sud...12 = nord). Il rilevamento è stato realizzato contando il numero di individui di ciascuna specie presente all'interno dell'area di saggio. E' stato inoltre annotato lo stato della coltura, in termini di stadio fenologico, densità d'investimento e altezza.

Il rilievo è stato ripetuto tra il 7 ed il 9 giugno 2006 allo scopo di notare eventuali modifiche nella composizione della flora infestante intercorse nel frattempo.

I rilievi floristici sono stati eseguiti da un operatore munito di *foto-camera* digitale da 4.1 megapixel e da una serie di numeri in cartoncino in modo da poter risalire ad eventuali errori compiuti al momento del conteggio delle piante infestanti. In totale nei due campionamenti sono state analizzate 216 aree di saggio di 50 x 50 cm, per una superficie complessiva di 54 m².

Biomassa della coltura e della vegetazione infestante

Anche in questo caso il tipo di informazioni e le modalità di campionamento sono state molto simili a quelle utilizzate nel 2005. In ogni tesi sono stati prelevati 3 campioni di biomassa di 1 m² per determinare la quantità e la qualità del frumento. I campionamenti in questo caso hanno interessato tutti e 6 i trattamenti (le tre varietà, con e senza bulatura).

Dalle zone campionate sono state escluse le aree soggette ad allettamento, fenomeno che durante il 2006 si è verificato in maniera assai rilevante sulla varietà Cappelli, effettuando il prelievo alla distanza di 75 passi tra l'una e l'altra. Sono stati quindi raccolti 18 m² di biomassa che sono stati trattati come nell'anno precedente (cap.3.3.2)

3.4 Analisi dei dati

Analisi della varianza

L'analisi della varianza è stata condotta in tutti i casi riportati utilizzando il software CoStat. Le medie dei parametri risultati significativamente differenti al test F di Fisher (per $P \leq 0,05$) sono state confrontate attraverso il test della minima differenza significativa (*LSD, Least Significant Difference*) per $P \leq 0,05$.

I casi in cui i parametri non sono risultati statisticamente significativi al test F per $P \leq 0,05$ ma lo sono risultati per $P \leq 0,10$, sono stati trattati prudenzialmente alla stessa stregua di quelli significativi per $P \leq 0,05$ e pertanto riportati in tabella con i risultati del test LSD.

3.4.1 Erba medica 2005

Flora infestante

Poiché i programmi di analisi della varianza utilizzano valori numerici è stato necessario ricondurre le classi della scale Braun-Blanquet a valori che esprimano l'Abbondanza (A) delle specie nel totale della vegetazione, ovvero si è provveduto ad assegnare arbitrariamente ad ogni classe una stima della copertura (%) (tab 3.4.1). Per quanto concerne le 4 classi più alte di abbondanza dominanza, è stato attribuito a ciascuna classe il valore medio percentuale di copertura corrispondente; poiché non è possibile risalire con la stessa precisione alla copertura del suolo dal solo dato di

abbondanza, espresso dalle prime 4 classi, è stato attribuito a queste un valore di copertura proporzionale al numero di individui corrispondente a ciascuna classe e mai superiore al 5%. In definitiva quindi i valori attribuiti a queste (r, +, 1 e 2m) sono stati rispettivamente: 1, 2, 3 e 4%.

Tab.3.4.1 copertura percentuale media corrispondente a ciascuna classe della scala di Braun-Balquet (van der Maarel, 1979)

Scala delle classi utilizzata per i rilevamenti		Copertura media %
r	raro (1 o 2 individui su 100 m ²)	1
+	pochi (fino a 20 individui su 100 m ²) e meno del 5% di copertura	2
1	= tanti (da 20 a 100 individui su 100 m ²) e meno del 5% di copertura	3
2m	abbondanti (più di 100 individui) e meno del 5% di copertura	4
2	copertura compresa tra 5-25%	15
3	copertura compresa tra 25-50%	37,5
4	copertura compresa tra 50-75%	62,5
5	copertura compresa tra 75-100%	87,5

Il solo fattore sperimentale preso in considerazione in questa prova è stato il momento dello sfalcio (Anticipato vs. Standard), mentre sono stati eseguiti quattro campionamenti durante il ciclo di sviluppo annuale del prato. Tali differenti informazioni, il comportamento a due diverse epoche di taglio nello spazio e le diverse modalità di sviluppo della coltura nel tempo sono stati analizzati attraverso l'osservazione e l'analisi di diversi parametri, che sono stati sottoposti ad analisi della varianza. L'attenzione dell'indagine si è concentrata quindi, non solamente sulla quantità (percentuale di copertura) della totalità indistinta dell'infestazione, ma anche sulla qualità della stessa, osservando e misurando il comportamento delle singole specie. In particolare è stato osservato l'effetto indotto dalla differenziazione dello sfalcio sulla composizione della flora spontanea, sulla composizione di gruppi biologici (annali, biennali, perenni) e sul comportamento specifico. Le specie sono

state selezionate sia in base agli studi effettuati negli anni precedenti (2003/2004) tra quelle maggiormente problematiche all'interno della coltura di erba medica sia tra quelle più abbondanti nella comunità sviluppatasi nel 2005 e 2006. I dati di copertura, non trasformati poiché risultati omogenei nel test di Bartlett, sono stati sottoposti ad un'analisi della varianza con un disegno sperimentale ad una via completamente randomizzato; attraverso questo disegno sperimentale sono state analizzate anzitutto le differenze presenti tra i diversi campionamenti effettuati prima dell'inizio del trattamento (a maggio). In tale analisi, il fattore sperimentale è rappresentato dalla zona del campo in cui è stato eseguito il rilievo (A vs. B) ovvero la parte meridionale e quella settentrionale del campo, mentre sono state confrontate le differenze tra i trattamenti in relazione ai seguenti parametri: la copertura della coltura, il numero complessivo di specie infestanti presenti nelle diverse zone dell'appezzamento (ricchezza specifica), la copertura complessiva dell'infestazione, - ottenuta come somma di tutte le specie presenti esclusa la coltura; la somma può risultare superiore al 100% nel caso in cui la copertura delle infestanti si sovrapponga - la copertura delle specie divise per gruppi biologici, ovvero terofite (Th), emicriptofite (H) e geofite (G) e quella di *Bromus hordeaceus* L. (Th), *Bromus erectus* Huds. (G), *Bromus diandrus* Roth (Th), *L. multiflorum* (Th), *Lolium perenne* L.(G) e *Rumex crispus* L. (G). Tali parametri sono stati utilizzati anche nelle successive analisi della varianza, mentre è stato modificato di volta in volta il fattore sperimentale.

Dall'analisi preliminare sono risultate differenze statisticamente significative ($P \leq 0,05$) per i seguenti parametri: copertura infestanti annuali, copertura infestante perenni, copertura *L. multiflorum*, *L. perenne* e *R. crispus*. Poiché il primo sfalcio è eseguito in assenza di trattamenti è utilizzato per confrontare la situazione di partenza dell'appezzamento con quella che si verrà a rilevare dopo l'esecuzione delle diverse tecniche colturali, è necessario che i rilevamenti iniziali come prerequisito ad una chiara valutazione degli effetti, risultino corrispondenti alle aree dove saranno eseguite le tesi ed inoltre dovrebbero risultare sostanzialmente omogenei. Pertanto è stato necessario ri-assegnare la disposizione dei singoli campionamenti eseguiti sull'asse nord sud attorno alla linea che avrebbe diviso l'appezzamento nelle due diverse tesi, in modo tale da attribuire ciascun campionamento a due nuove porzioni del campo. È stata quindi modificata l'originale attribuzione delle parcelle al settore meridionale A ed a quello settentrionale, B, e sono stati attribuiti tutti i rilevamenti effettuati ad ovest alla porzione che sarebbe stata successivamente trattata con il taglio anticipato nella zona

occidentale , e quelli effettuati nella zona orientale a quelli effettuati nella zona Est trattata in maniera convenzionale. Per quanto riguarda i due rilevamenti centrali si è provveduto ad attribuire quello settentrionale alla zona occidentale, e quello meridionale alla zona orientale. In questo modo l'ANOVA ad una via non ha evidenziato alcuna differenza statisticamente significativa tra i campionamenti effettuate ad Est e quelli effettuati ad Ovest rispettando così, sia la futura divisione dell'appezzamento, sia il prerequisito alla corretta interpretazione dei confronti pre-post trattamento .

I parametri presi in considerazione per effettuare le analisi preliminari tra i campionamenti occidentali e quelli settentrionali sono stati utilizzati anche per eseguire tutte le successive analisi della varianza, mentre è stato modificato di volta in volta il fattore sperimentale. In particolare tali analisi hanno riguardato il confronto fra Anticipato vs. Standard (Sx vs. Dx) nel secondo, terzo e quarto campionamento , eseguiti rispettivamente prima del secondo e terzo sfalcio e l'ultimo, prima del taglio del maggio 2006, questa volta contemporaneo su entrambe le tesi. Inoltre utilizzando lo stesso disegno sperimentale (*one-way completely randomized ANOVA*) è stata realizzata un'analisi sottoponendo i primi due rilievi e gli ultimi due, presi come quattro diversi tesi del medesimo fattore sperimentale, in pratica 1°Anticipato vs. 1°Standard vs. 4°Anticipato vs. 4°Standard, per evitare che utilizzando un disegno a due vie, quindi con due parametri, la media del fattore epoca di sfalcio anticipata e quella del fattore epoca di sfalcio Standard eseguita su più campionamenti ripetuti nel tempo impedisse di rilevare la tendenza espressa dalle modificazione della composizione floristica nel tempo. Mediando i diversi parametri nel tempo infatti, a meno di una significativa interazione tra i due fattori, sarebbe stato impossibile notare l'andamento di un parametro che pur avendo valori medi non significativamente diversi tra le due tesi dell'appezzamento, avesse avuto invece una tendenza opposta tra le due tesi partendo da una situazione di minor presenza fino ad arrivare ad una situazione di presenza significativamente maggiore in una tesi e comportandosi in maniera opposta nell'altra.

Per concludere le analisi ad una via è stato fatto un confronto assumendo il tempo come fattore in analisi tra tutti i campionamenti eseguiti sulla tesi Anticipata ed una tra tutti i campionamenti eseguiti sulla tesi Standard. Ogni analisi è stato eseguita confrontando lo stesso numero di repliche per ogni tesi.

È stata inoltre eseguita un'analisi della varianza a due vie a blocchi randomizzati mentre sono stati impostati come blocchi le posizioni dei campionamenti (Nord Est, Nord Ovest, Sud Est, Sud Ovest), i due fattori sperimentali utilizzati sono stati: il tempo (sfalcio^{1,2,3,4}) e il trattamento della tesi (Anticipato vs. Standard). Al fine di ottimizzare l'interpretazione dei trattamenti sulla selezione-soppressione dei gruppi biologici è stata realizzata un'analisi a due vie (*two-way randomised complete block ANOVA*) impiegando gli stessi fattori sperimentali, ma utilizzando come ulteriore parametro la copertura delle sole specie annuali ad emergenza primaverile estiva, e come blocchi la posizione del campionamento.

In alcuni casi in cui i parametri non sono risultati statisticamente significativi al test F per $P \leq 0,05$, ma lo sono risultati per $P \leq 0,10$, sono stati trattati prudenzialmente alla stessa stregua di quelli significativi per $P \leq 0,05$.

Analisi della biomassa

Dai dati ottenuti dall'analisi di laboratorio sono stati ricavati dati quantitativi seguenti: il peso secco complessivo della produzione di erba medica, la percentuale di erba medica sul totale della produzione areale, il peso secco delle infestanti e quello dell'erbe medica; mentre per ciò che riguarda i dati qualitativi sono stati ricavati i seguenti parametri: percentuale proteine, grassi, fibra, ceneri ed estratto inazotato su peso secco, e percentuale di umidità al momento della misurazione del peso fresco.

L'analisi della varianza (ANOVA) è stata condotta utilizzando in prima battuta un disegno sperimentale ad una via completamente randomizzato, (*one-way CR ANOVA*), sullo stesso modello dell'analisi dell'infestazione. In questo caso però sono stati eseguiti solamente tre campionamenti di biomassa per tesi non è stato eseguito alcun campionamento prima dello sfalcio iniziale, ed inoltre a causa della mancanza dei dati relativi alla biomassa del secondo sfalcio della tesi Sx e del terzo della tesi Dx non è stato possibile effettuare il confronto tra i rispettivi dati della biomassa per quei due campionamenti. Sono invece stati eseguiti i confronti tra la tesi Sx e quella Dx per il primo campionamento e per l'ultimo, utilizzando come fattori di analisi i dati sopra riportati.

Al fine di completare l'analisi della varianza è stata eseguito un ulteriore confronto utilizzando un disegno sperimentale a due vie a blocchi completamente randomizzati (*two-way RCB*) indicando lo sfalcio (Secondo vs. Quinto) e la modalità di effettuazione

dello stesso (Anticipato vs. Standard) come fattori sperimentali e come blocchi il punto di effettuazione del campionamento (Nord, Sud, Est, Ovest).

Per quanto riguarda i prerequisiti dell'analisi è da notare il fatto che, a causa del basso numero di rilievi effettuati - scelta effettuata in ragione dell'onerosità delle analisi - CoStat non sia in grado di effettuare il test di Bartlett per verificare l'omogeneità della varianza. Un tipo di analisi dell'omogeneità grafico, che è stato utilizzato nel caso dell'analisi dell'omogeneità della varianza del frumento è in questo caso meno attendibile e maggiormente soggetto ad interpretazioni scorrette a causa del minor numero di campionamenti in analisi (il massimo arriva solamente a quattro nell'analisi a due vie a blocchi randomizzati).

3.4.2 Frumento duro 2005

Flora infestante

Dall'analisi della densità della flora infestante sono state ricavate due mappe di infestazione (dati non riportati), relative alle due epoche di rilievo. Ai fini dell'analisi statistica, i dati relativi a tutte le specie infestanti sono stati elaborati come valore complessivo (densità totale m^{-2}). Il dato così ottenuto è stato trasformato per poter soddisfare i prerequisiti dell'analisi della varianza (ANOVA) e in particolare la normalità e l'omogeneità delle varianze dell'errore. Come suggerito per i dati provenienti da conteggi (Gomez & Gomez, 1984), i valori di densità (x) sono trasformati come radice quadrata. I dati relativi alle infestanti sono stati elaborati secondo un disegno sperimentale a blocco randomizzato a due vie (*two-way RCB ANOVA*), con la bulatura (si vs. no) e la fertilizzazione (no vs. Mix F1 vs. Mix F2) come fattori sperimentali.

Trifoglio

I dati relativi alla copertura percentuale del trifoglio sono stati ovviamente analizzati soltanto per le tre tesi consociate. Il disegno sperimentale adottato per l'ANOVA è stato quindi un blocco randomizzato a una via (*one-way RCB ANOVA*), con la fertilizzazione (no vs. Mix F1 vs. Mix F2) come unico fattore sperimentale. I dati percentuali di copertura del trifoglio (x) sono stati trasformati come arcoseno della radice quadrata prima di essere sottoposti all'ANOVA.

Produzione del frumento

Dall'analisi della biomassa (paragrafo sui rilievi sperimentali) sono stati ottenuti una serie di parametri diretti ed indiretti sottoposti all'ANOVA, impiegando lo stesso disegno sperimentale utilizzato per l'analisi dei dati sulle infestanti. Dai dati ottenuti per misurazione diretta sono stati calcolati l'*Harvest Index* (rapporto tra il peso della sostanza secca della granella e quello totale della parte aerea) ed il grado medio di riempimento delle spighe (rapporto tra il peso della sostanza secca della granella e quello delle spighe). I dati utilizzati per stimare la produzione del frumento in ultima analisi sono stati: il numero di spighe di frumento duro, il peso secco della granella, delle spighe e della parte epigea del frumento duro (parametri espressi per unità di superficie), l'*Harvest Index* (%) e il grado medio di riempimento delle spighe (parametro adimensionale).

I dati relativi alle biomasse estranee alla coltura sono stati elaborati come peso secco del trifoglio (solo per le tesi consociate) e peso secco del totale delle infestanti residue duro (parametri espressi per unità di superficie). Purtroppo, a causa del cattivo stato di conservazione di alcuni campioni di infestanti, rimasti eccessivamente a lungo in cella frigorifera, non è stato possibile ottenere il dato separato dell'erba medica dal resto delle infestanti.

Prima dell'ANOVA, effettuata secondo un disegno sperimentale a blocco randomizzato a una via per la biomassa del trifoglio e a due vie per quella delle infestanti totali, i dati della biomassa del trifoglio (x) sono stati trasformati come il $\log_{10}(x)$.

3.4.3 Frumento duro 2006

Analisi della varianza

I dati di densità della flora infestante sono stati sottoposti all'analisi della varianza (ANOVA). Prima di eseguire tali analisi i dati sono stati rielaborati: in particolare, è stato calcolata la densità del frumento, delle infestanti (totale) e delle due specie più presenti nell'appezzamento: *Convolvulus arvensis* L. e *Anagallis arvensis* L. Tutti questi valori sono stati espressi per unità di superficie e, quando necessario, sottoposti a trasformazione per radice quadrata prima dell'ANOVA per rispettare i prerequisiti fondamentali della stessa: la normalità e l'omogeneità delle varianze dell'errore. I dati delle infestanti sono stati elaborati secondo due disegni sperimentali differenti: in un

caso è stato eseguito un disegno sperimentale completamente randomizzato ad una via (*one-way Completely Randomized ANOVA*) con i campi come unico fattore sperimentale; nell'altro caso invece è stata eseguita un'analisi della varianza secondo un disegno sperimentale a due vie a blocchi randomizzati (*two-way Randomized Completely Block ANOVA*), con le varietà (Cappelli vs. Cirillo vs. San Carlo) e la bulatura (Si vs. No) come fattori sperimentali.

I dati produttivi del frumento sono stati sottoposti all'analisi della varianza. La biomassa rilevata durante i campionamenti in analisi non appartenente alla coltura è stata anch'essa sottoposta ad analisi della varianza; per quanto riguarda invece la produzione del trifoglio, a causa della difficoltà di individuazione e scarso sviluppo vegetativo in pieno campo durante il campionamento della biomassa, non è stato possibile sottoporla ad analisi statistica.

Analisi Multivariata

L'analisi preliminare di ogni rilievo ha previsto l'esecuzione di una *Detrended Correspondence Analysis* (DCA), allo scopo di determinare a quale tipo di analisi sia più opportuno sottoporre i dati. Dai risultati della DCA si ottiene il valore della lunghezza del gradiente relativo, in caso si riscontrino valori superiori a 4 SD è opportuno analizzare i dati attraverso un'analisi unimodale, ovvero una *Correspondance Analysis* (CA) complementata con una *Canonical Correspondance Analysis* (CCA). Nel caso opposto, ovvero di fronte a valori inferiori a 3 SD, invece si procede con un'analisi Lineare, ovvero *Principal Components Analysis* (PCA) completata con una *Redundancy Analysis*. In caso di valori compresi tra 3 e 4 SD è opportuno valutare caso per caso quale tipo utilizzare.

Analisi unimodale

In un contesto di analisi unimodale la prima operazione che viene eseguita è la CA, questa analisi consiste nel calcolo dei valori relativi a ciascuna specie per ogni saggio in base al peso relativo che ciascun saggio assume nel calcolo della media ponderata di tale specie; la specie viene posizionata in uno spazio multidimensionale come punto, così come i saggi di rilevamento; la posizione della specie dipenderà dalla disposizione dei saggi nei quali questa è stata rilevata. I saggi prendono posizione in base alle analogie e differenze che sussistono nella composizione floristica e risultano tanto più prossimi a ciascuna specie tanto più alto è il peso che viene attribuito a questa nella

determinazione della composizione floristica di ognuno. L'opportunità di complementare tale analisi con una CCA è data dal fatto che questo tipo di analisi permette di confrontare contemporaneamente vari tipi di variabili: ambientali, sia nominali sia qualitative, con i dati relativi alle specie infestanti rilevate in campo. La significatività degli *eigenvalues* dell'ordinamento degli assi risultante dalla CCA è stata calcolata utilizzando un test di permutazione: il “*Monte-Carlo permutation test*”, il quale è utilizzato sia per calcolare il valore della varianza spiegata da ciascuna variabile ambientale, per i dati relativi alla frequenza delle specie, sia per calcolare la sua significatività statistica (ter Braak & Similauer, 2002). Il test in questione in pratica in un primo momento simula il campionamento di altri dati in maniera randomizzata e successivamente ne paragona i risultati ai dati inseriti per determinare di quanto questi ultimi si discostino da quelli randomizzati, e conseguentemente quale sia la quota di variabilità della flora infestante che viene spiegata dalle variabili ambientali indicate.

Analisi lineare

In un contesto di analisi lineare si procede in prima istanza ad eseguire una PCA attraverso la quale si attribuiscono i valori relativi a ciascuna area di saggio sugli “n” assi dello spazio multidimensionale, ottenendo quindi il posizionamento di queste in base alla composizione floristica delle stesse. La complementazione con RDA permette di confrontare contemporaneamente vari tipi di variabili con i dati relativi alle specie infestanti rilevate in campo. La significatività degli *eigenvalues* dell'ordinamento degli assi risultanti dalla RDA è stata calcolata anche in questo caso utilizzando un test di permutazione. L'*eigenvalue* associato a ciascun asse in questo caso è misura diretta della sua importanza nella spiegazione della variabilità floristica. Ciascun asse rappresenta una variabile ambientale ipotetica, più una variabile ambientale riportata sul grafico è legata alla variabile ipotetica rappresentata dall'asse, minore è l'angolo di incidenza nei confronti di questo da parte del vettore che rappresenta la variabile; nella PCA per stimare la varianza spiegata dagli assi è necessario moltiplicare l'*eigenvalue* per il quadrato della correlazione specie-variabili ambientali. La RDA è stata sottoposta, come nel caso della CCA, ad un “*Monte-Carlo permutation test*” per calcolare il valore della varianza nei dati relativi all'abbondanza dominanza delle specie spiegato da ciascuna variabile ambientale e la sua significatività statistica (ter Braak & Similauer, 2002).

Interpretazione dei risultati

L'analisi multivariata è stata eseguita con il programma CANOCO per Windows, l'elaborazione grafica invece è stata realizzata tramite CanoDraw per Windows (ter Braak & Similauer, 2002). L'interpretazione di grafici – di costruzione complessa ma altamente informativi – ci fornisce così le informazioni per comprendere le caratteristiche dell'infestazione in relazione alle diverse modalità di trattamento dei campi sottoposti ad analisi e ad altri parametri agro-ambientali.

I saggi sono disposti come punti su di un grafico bidimensionale, i due assi rappresentati sono stati selezionati tra quelli proposti dal programma in base alla significatività della loro correlazione con le variabili ambientali selezionate. Nel caso in cui solamente il primo asse risulti significativamente correlato vengono riportati i primi due assi. La posizione di ciascun saggio è attribuita in base alla composizione floristica, per cui risultano tanto più vicini quanto più questa risulterà simile.

Nelle analisi unimodali i saggi sono tanto più vicini al centroide delle infestanti quanto più tale specie è rappresentata all'interno della composizione floristica del saggio in questione. Nelle analisi lineari, invece, poiché le infestanti sono rappresentate come vettori, la lunghezza e l'orientamento di questi indicano il grado ed il tipo di correlazione tra i saggi e la specie in questione: tanto più una specie sarà correlata con un saggio, tanto più il vettore di questa sarà indirizzato verso lo stesso e tanto più la correlazione sarà forte tanto più lungo risulterà il vettore.

Le variabili ambientali quantitative tanto in un contesto unimodale quanto in quello lineare vengono visualizzate come vettori che partono dall'origine degli assi. L'angolo che essi formano con gli assi è inversamente proporzionale alla loro correlazione con gli stessi, per cui quanto più un vettore di una variabile ambientale è vicino ad un asse tanto maggiore è la corrispondenza con questo. Tanto più è lungo il vettore, tanto maggiore è l'importanza della variabile ambientale nel determinare la composizione floristica dei saggi presenti in quello spazio del grafico. Le variabili ambientali nominali (variabili fittizie o *dummy*) sono invece visualizzate come punti che rappresentano il centroide di tutte le aree di saggio abbinate a tali variabili.

4. RISULTATI

4.1. Erba medica 2005

Abbondanza (A) delle specie componenti il prato.

Durante il primo campionamento effettuato il 06/05/2005 non si rilevano differenze significative per nessun parametro preso in analisi tra le due aree in cui saranno allestite le prove (tab. 4.1.1).

Per quanto concerne i rilevamenti effettuati in concomitanza con il secondo taglio nel trattamento sfalciato in anticipo la copertura della flora infestante complessiva (FIC) e di quella annuale (FIA) è maggiore rispetto allo sfalcio Standard (tab. 4.1.2). Nella tesi sfalcio Anticipato le differenze riguardanti la composizione del prato sono costituite dalla maggiore presenza di *L. multiflorum* e *L. perenne* (tab. 4.1.2). Questa tendenza non si è protratta nel tempo. Una tendenza simile viene rilevata anche nei valori riguardanti la copertura della flora infestante nel terzo confronto (tab. 4.1.3), dove l'Abbondanza complessiva della flora infestante e quella della flora annuale risultano significativamente maggiori nella tesi sfalciata in anticipo. Al quarto sfalcio l'Abbondanza (A) di *B. diandrus* risulta maggiore nella tesi sfalciata in maniera standard 9,8%, rispetto a quella anticipata 0,6%. A parte questa differenza in *B. diandrus*, dopo un anno di trattamenti diversificati, non ci sono differenze significative per i principali parametri tra sfalcio Anticipato e sfalcio Standard.

Tab 4.1.1 Significatività delle differenze di Abbondanza (% copertura) di vari componenti della vegetazione tra le tesi Anticipato e Standard per i 4 campionamenti abbinati agli sfalci del parto.

Abbondanza	1° (6/5/2005)	2° (16/6/2005 ;6/7/2005)	3° (23/8/2005; 22/9/2005)	4° (2/5/2006)
erba medica	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
flora infestante complessiva	n.s.	*	**	n.s.
flora infestante annuale	n.s.	***	**	n.s.
flora infestante biennale	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
flora infestante perenne	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Bromus hordeaceus</i> L.	n.s.	---	n.s.	n.s.
<i>Bromus diandrus</i> Roth	n.s.	---	n.s.	***
<i>Lolium perenne</i> L.	n.s.	*	n.s.	n.s.
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	n.s.	***	n.s.	n.s.
<i>Rumex crispus</i> L.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s. = non significativo; *, ** e *** = differenze significative per rispettivamente $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$ e $P \leq 0,001$; --- = non rispettati i prerequisiti per l'analisi della varianza.

Tab 4.1.2 Abbondanza (% copertura) della flora infestante complessiva (FIC), la flora infestante annuale (FIA,) *Lolium perenne* L. e *Lolium multiflorum* Lam. . Dati relativi al 2° campionamento(16/6/05; 6/7/05), effetto medio sfalcio Anticipato, sfalcio Standard.

Trattamento	FIC	FIA	<i>L. perenne</i>	<i>L. multiflorum</i>
Sfalcio Anticipato	61,9 a	24,4 a	10,6 a	15 a
Sfalcio Standard	38,8 b	7,4 b	2,8 b	2,6 b
LSD	18,19	3,02	6,44	1,56

I valori contraddistinti da lettere diverse differiscono in maniera statisticamente significativa per $P \leq 0,05$

Tab 4.1.3 Abbondanza (% copertura), della flora infestante complessiva (FIC) e la flora infestante annuale, rilevata durante il 3° campionamento (22/9/05; 23/8/5), effetto medio sfalcio Anticipato, sfalcio Standard.

Trattamento	FIC	FIA
Sfalcio Anticipato	83,0 a	57,2 a
Sfalcio Standard	43,4 b	22,6 b
LSD	22,08	21,99

I valori contraddistinti da lettere diverse differiscono in maniera statisticamente significativa per $P \leq 0,05$

Non ci sono differenze significative in Abbondanza di erba medica tra lo sfalcio Anticipato e Standard per nessuna delle quattro epoche di sfalcio, nell'arco di un anno (tab. 4.1.1). In entrambe, come era lecito attendersi, il secondo ed il terzo sfalcio rivelano una maggiore copertura della coltura rispetto ai rilevamenti di maggio 2005 e di maggio 2006 (fig. 4.1.1). Osservando questo stesso fenomeno attraverso il confronto dei valori di Abbondanza in ogni tesi, ad un anno di distanza, si nota che la tesi trattata con lo sfalcio Anticipato rivela un incremento della copertura dell'erba medica (25% di differenza) nel maggio 2006 rispetto alle condizioni presenti l'anno precedente (maggio 2005), mentre la tesi trattata con sfalcio Standard non evidenzia differenze tra i due diversi momenti (tab. 4.1.4). Sembra dunque che lo sfalcio Anticipato abbia favorito la copertura di erba medica e diminuito lo sviluppo di quelle specie come *L. perenne* che invece si trovano in maniera assai importante nella tesi sfalciata con le tempistiche convenzionali.

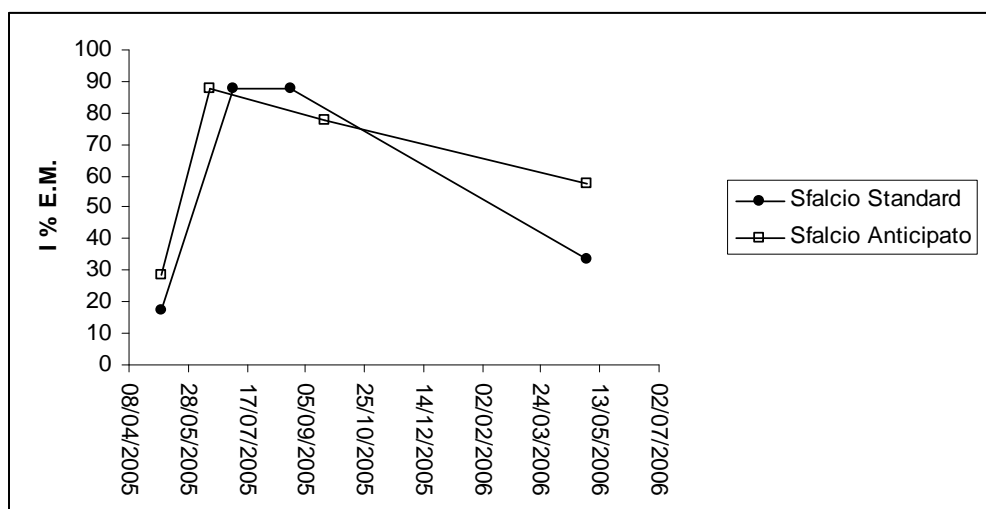


Fig. 4.1.1 Abbondanza (% copertura) della coltura di **Erba medica (E.M.)** nei due trattamenti Sfalcio Anticipato e Sfalcio Standard, misurate durante i 4 rilevamenti.

Tab. 4.1.4 Abbondanza (% copertura) di erba medica (EM), flora infestante complessiva (FIC), flora infestante annuale a disseminazione successiva al primo sfalcio (FIA#) e Poa Trivialis L., Lolium perenne L., rilevata sulle due tesi il 6/05/05 ed il 2/05/06, effetto medio per tesi e campionamento. Tra parentesi è riportato il dato come logaritmo. La LSD riportata per FIA# pertanto è da confrontarsi con i valori espressi tra parentesi.

	Anticipato 2005		Standard 2005		Anticipato 2006		Standard 2006	
EM	28,5	b	17,3	b	57,5	a	33,5	b
LSD = 22,52								
FIC	104,1	b	116,7	ab	140,1	a	147,3	a
LSD= 27,44								
FIA#	32,64	a	27,07	a	8,25	b	23,2	a
LSD=0,34 [§]								
	(1,51)		(1,43)		(0,91)		(1,37)	
<i>P. trivialis</i> L.	8,2	c	8,2	c	21,8	b	33	a
LSD=11,12 [§]								
<i>L. perenne</i> L.	15	b	11,3	b	34	b	62,5	a
LSD = 26,4 [§]								

I valori riportati tra parentesi I valori contraddistinti da lettere diverse differiscono in maniera statisticamente significativa per $P \leq 0,05$; [§] LSD significativa per $P \leq 0,10$.

L'Abbondanza della flora infestante complessiva (FIC) rivela una dinamica sostanzialmente identica per i due trattamenti al momento del primo e del quarto sfalcio mentre si differenziano per il secondo e terzo sfalcio (tab. 4.1.1; fig. 4.1.2). Comparando i quattro rilevamenti di maggio 2005 e maggio 2006 lo sfalcio di maggio 2006 presenta una maggiore presenza di flora infestante rispetto a quello di maggio 2005 (tab. 4.1.4). Nel secondo e terzo sfalcio l'Abbondanza della FIC è minore rispetto a quella rilevata nel maggio 2005 e maggio 2006, ma allo stesso tempo è maggiore negli sfalci anticipati rispetto a quelli Standard.

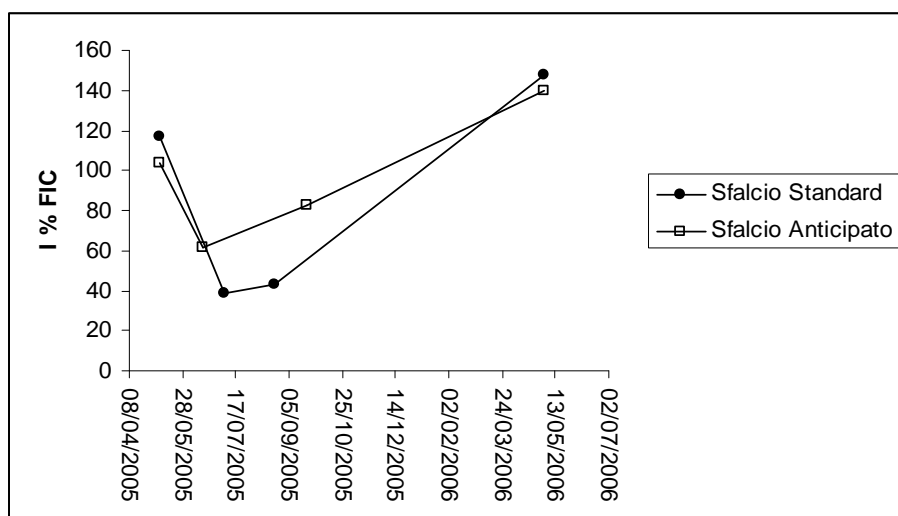


Fig. 4.1.2 Abbondanza (% copertura) della **flora infestante complessiva (FIC)** nei due trattamenti, sfalcio Anticipato e sfalcio Standard, misurate durante i 4 rilevamenti.

Prendendo in considerazione le diverse componenti della flora spontanea, non si rilevano differenze significative tra le due modalità di sfalcio per le specie perenni e biennali, mentre la copertura delle annuali risulta più alta nella tesi Anticipato che nella tesi Standard. All'interno del gruppo specie perenni alcune specie particolarmente interessanti per il peso assunto all'interno dell'equilibrio complessivo del prato - *L. perenne*, *Poa trivialis* L. - si trovano nel maggio 2006 significativamente meno presenti nella tesi sfalciata anticipatamente rispetto al controllo (tab. 4.1.4).

Quelle specie che per modalità e periodo di disseminazione non vengono soppresse dallo sfalcio Anticipato - come *A. myosuroides*- si ritrovano maggiormente nella tesi sperimentale rispetto a quella trattata in maniera standard. Pertanto se si vuole determinare la capacità di controllo del trattamento sulle infestanti annuali è necessario togliere dall'analisi quelle infestanti che disseminano prima che venga eseguito il primo

sfalcio. Le specie interessate dal trattamento (specie annuali ad emergenza primaverile) si comportano in maniera complementare all' *A. myosuroides* e risultano significativamente meno presenti (-30,2%) nell'ultimo rilevamento (maggio 2006) nella tesi sfalciata in maniera anticipata (fig. 4.1.3 e tab. 4.1.4).

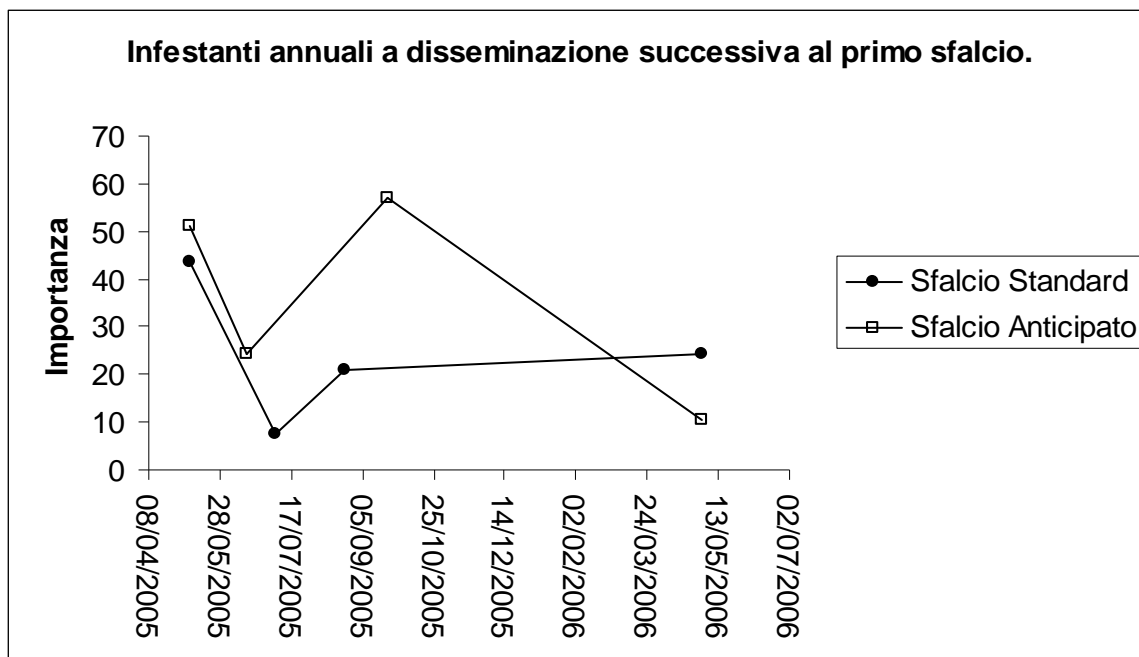


Fig. 4.1.3 *Abbondanza (% copertura) della flora infestante annuale a disseminazione successiva al primo sfalcio (escluso A. myosuroides), dei due trattamenti sfalcio Anticipato e sfalcio Standard, misurate durante i 4 rilevamenti.*

Biomassa Erba Medica

Dal confronto effettuato (one-way CR ANOVA) tra le diverse modalità di sfalcio in ogni rilevamento rispetto ai parametri presi in analisi (Peso secco [PS] biomassa totale m^{-1} , percentuale di erba medica presente nella biomassa analizzata, PS biomassa infestanti m^{-1} , PS erba medica m^{-1} , percentuale di proteine, lipidi, fibra estrattivo inazotato, ceneri su peso secco e percentuale di umidità) sono risultate una serie di differenze significative tra i due trattamenti.

I risultati relativi alle differenze qualitative delle due tesi, esaminate confrontandole sfalcio per sfalcio, sono riportati sinteticamente in tabella 4.1.5. Nel secondo sfalcio è stata rilevata una composizione più ricca in lipidi nella tesi trattata mediante lo sfalcio Standard, mentre gli zuccheri sono risultati maggiormente presenti nella biomassa della tesi trattata mediante sfalcio Anticipato (+11,8%). Tale differenza nel tempo risulta

esaurirsi fino ad ottenere una sostanziale eguaglianza del dato nel fieno del maggio 2006 (fig. 4.1.4).

Nello sfalcio di maggio 2006 non vi sono differenze significative tra le due tesi per quanto concerne i dati di produzione e qualità del fieno.

Tab. 4.1.5 Peso secco biomassa complessiva rilevata su ciascun metro quadro, percentuale di erba medica in relazione al peso secco, peso secco della biomassa delle infestanti e medica per metro quadro, percentuale di proteine, lipidi, fibra, estrattivi inazotati e ceneri in relazione al peso secco, percentuale di umidità in relazione al peso fresco, rilevati in concomitanza con il secondo (23/06/05, 6/07/05) e il quinto sfalcio (5/05/06). Effetto medio trattamento. La LSD è da riferirsi ai dati raccolti in concomitanza con il 2° sfalcio.

	2° sfalcio		3° sfalcio [§]		4° sfalcio [§]		5° Sfalcio	
	Standard	Anticipato	Standard	Anticipato	Standard	Anticipato	Standard	Anticipato
	23/06/05	6/07/05	30/08/5	12/10/05	5/05/06	5/05/06		
[#] PS biomassa								
complessiva g m ⁻²	349,64 n.s.	361,69 n.s.	361,15	203,97	623,20 n.s.	601,80 n.s.		
Medica %	91,94% n.s.	84,06% n.s.	96,77%	88,93%	36,63% n.s.	45,20% n.s.		
[#] PS infestanti . g m ⁻²	30,09 n.s.	61,36 n.s.	10,06	17,24	390,72 n.s.	366,28 n.s.		
[#] PS medica g m ⁻²	335,77 n.s.	304,80 n.s.	385,56	183,84	245,41 n.s.	291,07 n.s.		
Proteine %	17,99% n.s.	17,42% n.s.	18,03%	16,59%	12,18% n.s.	13,04% n.s.		
Lipidi % LSD= 0,1591	1,61% a	1,37% b	1,49%	1,31%	1,72% n.s.	1,71% n.s.		
Fibra %	32,70% n.s.	28,82% n.s.	33,22%	29,84%	26,94% n.s.	27,15% n.s.		
Estrattivi inazotati %								
LSD= 2,78	39,90% b	44,64% a	39,28%	43,94%	50,51% n.s.	49,18% n.s.		
Ceneri %	7,81% n.s.	7,76% n.s.	7,98%	8,31%	8,72% n.s.	8,93% n.s.		
Umidità %	75,73% n.s.	76,40% n.s.	74,78%	77,51%	81,35% n.s.	81,03% n.s.		

[§] ANOVA non effettuata causa mancanza dei campionamenti Anticipato per il 3° e Standard per il 4°;

[#]la somma PS Medica ed infestanti risulta diversa dal peso secco totale poiché le tre diverse stime basate su campioni di biomassa fresca sono state calcolate con tre diverse modalità di determinazione del rapporto PS-umidità.).

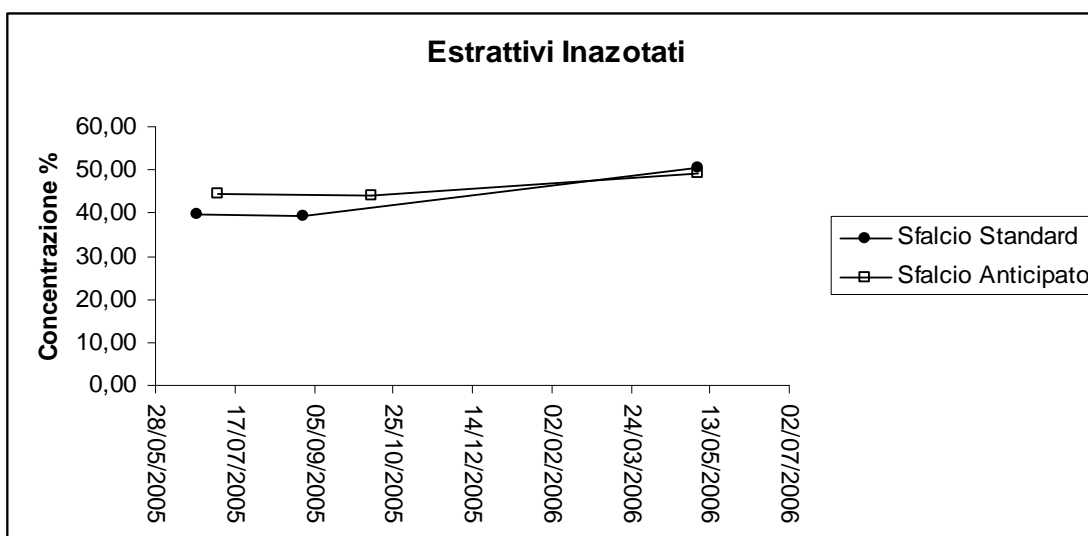


Fig. 4.1.4 Rappresentazione dei valori medi di concentrazione di estrattivi inazotati presenti nel fieno dei due trattamenti, Sfalcio Anticipato e Sfalcio Standard, misurate dopo il primo sfalcio .

L'analisi della varianza a due vie (tesi e data dello sfalcio) eseguita sui dati relativi ai campionamenti effettuati in concomitanza con il secondo e con il quinto sfalcio, oltre alle differenze tra le diverse tesi mette in luce quelle che sono le dinamiche di composizione e produzione che si sviluppano nell'arco di un anno.

Nelle tabelle riportate si nota a questo proposito una sostanziale mancanza di diversità tra le due tesi, per quanto concerne la media dei diversi campionamenti, ma in compenso si nota una variazione nel tempo per ciò che concerne i seguenti parametri: produzione totale di sostanza secca (tab. 4.1.6), biomassa infestanti (tab. 4.1.6), concentrazione di proteine (tab. 4.1.7), concentrazione di fibra (tab. 4.1.7), concentrazione di ceneri (tab. 4.1.7). Solo nel caso degli estrattivi inazotati è stata riscontrata l'interazione tra i due fattori (fig. 4.1.4).

Tab. 4.1.6 Sostanza secca complessiva (g m^{-1}) del prato (BCP) e della flora infestante (BFI). Effetto medio trattamento e momento di esecuzione del rilievo.

Trattamento	BCP		BFI	
Sfalcio Anticipato	481,742	a	213,82	a
Sfalcio Standard	486,42	a	210,40	a
LSD	30,54		51,08	
2°Sfalcio	355,66	b	45,72	b
5°Sfalcio	612,49	a	378,50	a
LSD	30,54		51,08	

I valori contraddistinti da lettere diverse differiscono in maniera statisticamente significativa per $P \leq 0,05$

Tab 4.1.7 Percentuale di proteine, fibra, ceneri calcolata sulla sostanza secca, umidità calcolata sulla biomassa fresca. Effetto medio trattamento e momento di esecuzione del rilievo.

Trattamento	Proteine %	Fibra %	Ceneri %	Umidità%
Sfalcio Anticipato	15,23 a	27,98 a	8,35 a	78,71 a
Sfalcio Standard	15,08 a	29,81 a	8,26 a	78,54 a
LSD	1,26	2,33	0,47	1,64
2° Sfalcio	17,70 a	30,76 a	7,78 b	76,06 b
5° Sfalcio	12,61 b	27,04 b	8,83 a	81,19 a
LSD	1,26	2,33	0,47	1,64

I valori contraddistinti da lettere diverse differiscono in maniera statisticamente significativa per $P \leq 0,05$

Composizione della flora spontanea

Il calcolo effettuato con la DCA, della lunghezza del gradiente ha fatto registrare un valore inferiore a 3,5 DS per tutte le analisi eseguite. Il dato relativo alla spiegazione della varianza della composizione floristica in relazione alle variabili utilizzate, ottenuto dalla PCA è risultato corrispondere al 73,3% per quanto concerne l'analisi contemporanea dei dati raccolti nel periodo di tempo che va dal maggio 2005 al maggio

2006, mentre nel confronto tra i dati del primo campionamento separati e in quelli dell'ultimo tale dato assume rispettivamente il valore dei 38,2 e 72,2%.

Gli assi 1, 2 utilizzati in seguito per costruire il grafico riportato, risultano spiegare rispettivamente il 46 ed il 18 % della variabilità floristica. Il grafico relativo al primo confronto (*triplot*) riportato in figura 4.5 è stato ottenuto attraverso l'elaborazione grafica di una RDA. Le variabili utilizzate per spiegare la variabilità di composizione, che la spigano, per valore riportato tra parentesi, in maniera significativa sono il 4° sfalcio standard (23%), 4° sfalcio Anticipato (22%) il 3° sfalcio Standard (10%) e la ricchezza specifica (8%).

Dalla rappresentazione grafica si evidenzia che la distanza tra i centroidi delle diverse tesi è molto più ridotta rispetto alla distanza tra i centroidi relativi al solo momento del campionamento. In particolare si rileva una maggiore diversità del quarto rilevamento (maggio 2006) rispetto agli altri tre, che risultano riuniti nella medesima zona del grafico.

I centroidi dei rilevamenti del maggio 2005 risultano molto prossimi all'origine degli assi, ad indicare la bassa spiegazione della variabilità in relazione alle variabili prese in considerazione. Ad un'analisi specifica (RDA) dei dati raccolti nel maggio 2005 risulta infatti che la posizione nel campo non spiega la variabilità della composizione floristica, che è correlata significativamente solo con la ricchezza specifica della vegetazione spontanea.

Nel tempo si assiste ad un sostanziale incremento di specificità della composizione spiegata dalle variabili, tanto che la distanza dall'origine degli assi, per i centroidi di ogni rilevamento, cresce in maniera esponenziale.

Per quanto concerne le specie caratterizzanti nel secondo rilevamento la tesi Standard risulta maggiormente correlata con *Rumex spp.*, *Sorghum halepense* (L.) Pers., *Plantago major* L. e *Cynodon dactylon* (L.) Pers. Nei rilevamenti 2° e 3° la tesi anticipata non evidenzia differenze rilevanti tra i due momenti, inoltre la tesi anticipata risulta correlata con le stesse specie della tesi Standard nel 3° rilevamento; ovvero: *P. major*, *C. dactylon*, *Sonchus spp.*, *S. arvensis*, *Veronica persica* Poir., *Chenopodium album* L., *Stellaria media* (L.) Vill, *Cichorium intybus* L., *Amaranthus albus* L., *Oxalis spp.*

Circa la composizione floristica dei rilievi del maggio 2006 è da notare anzitutto che i vari campionamenti hanno una omogeneità alta per quanto concerne il secondo asse, mentre la maggiore diversità sia tra i rilevamenti all'interno della tesi, che tra le diverse tesi è espressa dal primo asse. La copertura di erba medica è maggiormente correlata

alla diversità delle tesi sfalciate in anticipo, mentre il numero di infestanti è molto più legato alla tesi sfalcata in maniera standard. Per quanto concerne la composizione floristica la tesi sfalcata in anticipo risultano maggiormente correlata con *Sherardia arvensis* L., *Kickxia spuria* (L.) Dumort, *Capsella bursa-pastori* (L.) Medi., *Erigeron* spp., *Sonchus arvensis* L., *Cerastium fontanum* (Hartman) Greuter & Burdet, *Poa annua* L., e *A. myosuroides*; questa ultima specie in particolare esprime il vettore più lungo quindi la maggior correlazione con la tesi in questione. La tesi sfalcata in epoca Standard rivela una correlazione maggiore con *Hordeum murinum* L., *P. trivialis*, *B. hordeaceus*, *L. perenne* e *B. diandrus*. *Rumex obtusifolius* L. risulta correlato con entrambi gli sfalci in maniera sostanzialmente simile.

Il genere *Bromus* ed in particolare la specie *B. diandrus*, risultano correlati alla diversità floristica, mentre il vettore che indica la copertura di erba medica viene visualizzato come diametralmente opposto, questa disposizione si mantiene costante del tempo.

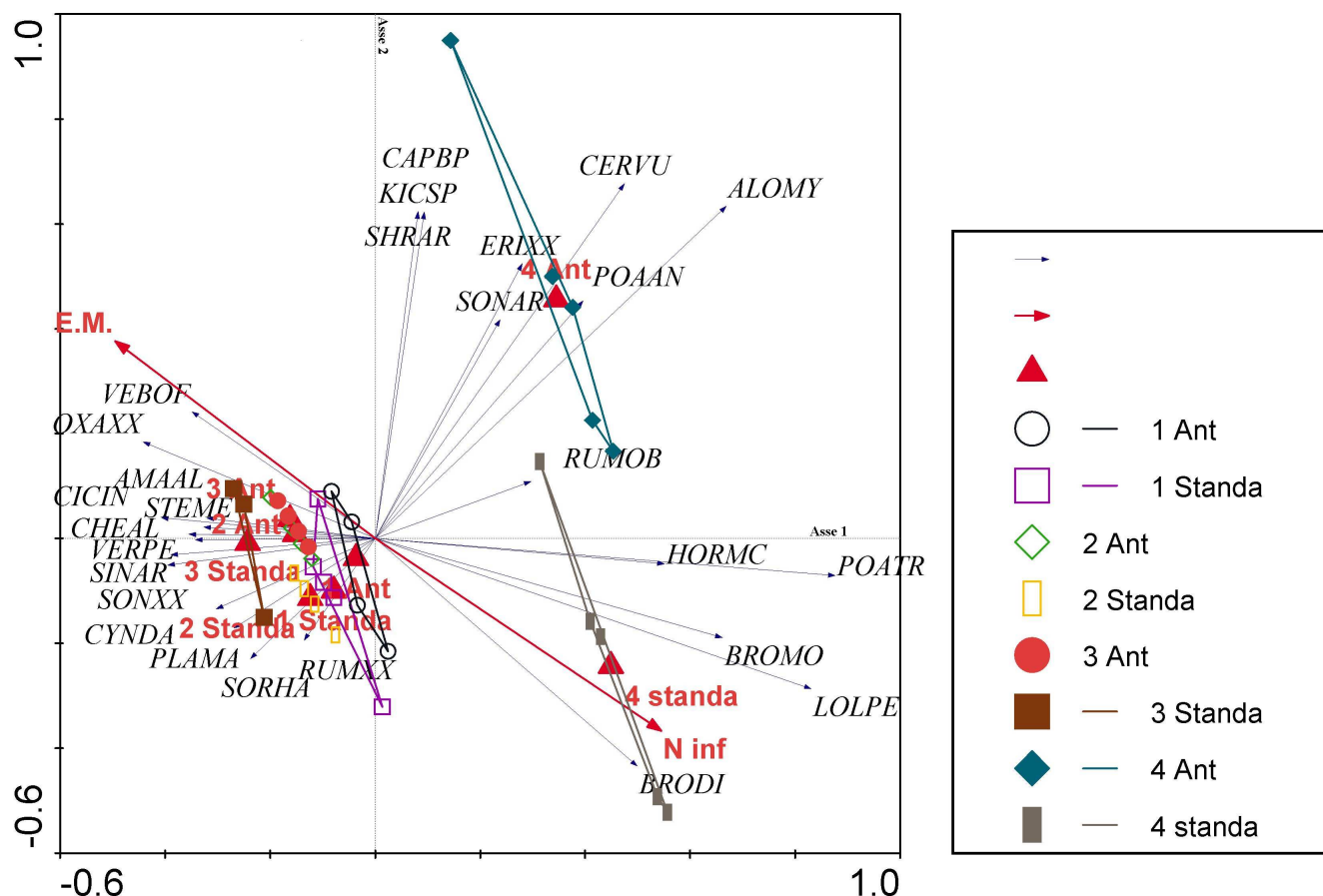


Fig.4.5, Triplot relativo alla composizione specifica della comunità vegetale in relazione alle tesi, ai diversi momenti del rilevamento, alle variabili ambientali (Copertura Erba Medica, Numero di infestanti) rappresentazione dell'asse 1 e dell'asse 2. In senso orario: SHRAR, *Sherardia arvensis* L.; KICSP *Kickxia spuria* (L.) Dumort.; CAPBP, *Capsella bursa-pastori* (L.) Medi.; ERIX, *Erigeron* spp.; SONAR, *Sonchus Arvensis* L., CERVU *Cerastium fontanum* (Hartman) Greuter & Burdet; POAAN, *Poa annua* L., ALOMY, *Alopecurus myosuroides* L.; RUMBO, *Rumex obtusifolius* L.; HORMC *Hordeum murinum* L.; POATR, *Poa trivialis* L.; BROMO, *Bromus Hordeaceus* L.; LOLPE, *Lolium perenne* L.; BRODI, *Bromus diandrus* Roth ; RUM XX, *Rumex* spp.; SORHA, *Sorghum halepense* (L.) Pers.; PLAMA *Plantago major* L.; CYNDA *Cynodon dactylon* (L.) Pers. ; SONXX, *Sonchus* spp. ; SINAR, *Sinapis arvensis* L.; VERPE, *Veronica persica* Poir. ; CHEAL, *Chenopodium album* L ;STEME *Stellaria media* (L.) Vill.; CICIN, *Cichorium intybus* L.; AMAAL, *Amaranthus albus* L.; OXAXX, *Oxalis* spp. ; VEBOF *Verbena officinalis* L. .1 ; Primo rilevamento ; 2, secondo rilevamento ;3, terzo rilevamento ; 4, quarto rilevamento; Ant, sfalcio Anticipato; Standa, sfalcio Standard E.M.,copertura erba medica, N inf, numero di specie infestanti rilevate.

4.2 Frumento duro 2005

Dall'analisi statistica non sono mai risultate interazioni statisticamente significative tra la fertilizzazione e la bulatura. I risultati presentati in tabella sono pertanto riferiti agli effetti medi dei due fattori analizzati.

Densità delle infestanti

Dall'analisi statistica della varianza a due vie del parametro densità dell'infestazione per il rilievo effettuato il 18 maggio 2005 non vi risultano differenze significative ($P \leq 0.05$) tra bulata e non bulata e nemmeno tra i tre trattamenti di fertilizzazione. La densità media delle infestanti in tale data era di 51.3 piante m^{-2} . Nel rilievo effettuato il 28 giugno 2005 invece la tesi Non Bulato risultava in una densità delle piante infestante maggiore rispetto alla tesi Bulato (Tab. 4.2.1) mentre non vi sono differenze statisticamente rilevanti tra i diversi trattamenti di fertilizzazione.

Tab. 4.2.1 Densità di piante infestanti (piante m^{-2}) rilevate il 28 giugno 2005. Effetto medio bulatura e fertilizzazione.

Trattamento	(piante / m^2)	
Bulato	35,0	b
Non Bulato	61,8	a
<hr/>		
Mix F1	48,9	a
Mix F2	39,1	a
Non fertilizzato	55,2	a

I valori contraddistinti da lettere diverse differiscono in maniera statisticamente significativa per $P \leq 0,05$;

Densità e copertura del trifoglio

Analizzando i dati relativi al trifoglio raccolti in maggio e giugno 2005 è possibile notare come la fertilizzazione abbia avuto un ruolo positivo nello sviluppo iniziale sia per quanto riguarda la densità che per quanto riguarda la copertura della leguminosa. Come si può infatti osservare dalla tab. 4.2.2, benché non sia stata rilevata una differenza significativa tra i due trattamenti fertilizzanti né per quanto riguarda la densità né per la copertura, si può notare una differenza significativa tra queste ed il testimone non fertilizzato, in cui il trifoglio ha presentato valori significativamente inferiori nel rilievo di maggio. Tale effetto sembra esaurirsi nel tempo, poiché nel

rilievo di giugno solo la copertura risulta significativamente differente ($P \leq 0,10$) rispetto alle due tesi fertilizzate (tab. 4.2.3).

Tab. 4.2.2. Densità (piante/m²) e copertura (%) del trifoglio pratense rilevate il 18 maggio 2005 nelle tesi bulate. Effetto medio fertilizzazione.

Trattamento	Densità	Copertura
Mix F1	702,8 a	19,8 a
Mix F2	497,4 a	21,9 a
Non fertilizzato	288,2 b	7,1 b

I valori contraddistinti da lettere diverse differiscono in maniera statisticamente significativa per $P \leq 0,05$

Tab. 4.2.3 Densità (piante/m²) e copertura (%) del trifoglio pratense rilevate il 28 giugno 2005 nelle tesi bulate. Effetto medio fertilizzazione.

Trattamento	Densità	Copertura
Mix F1	445,0 a	40,9 ab
Mix F2	506,4 a	52,0 b
Non fertilizzato	391,7 a	22,2 a

I valori contraddistinti da lettere diverse differiscono in maniera statisticamente significativa per $P \leq 0,10$;

Produzione del frumento

L'unica differenza statisticamente significativa tra i trattamenti in merito ai parametri della produzione del frumento riguarda il numero delle spighe (tab. 4.2.4). Infatti, prendendo in considerazione tale dato si nota che il testimone non fertilizzato risulta significativamente meno ricco di spighe in confronto alle tesi fertilizzate (-22%).

La produzione di granella non evidenzia differenze statisticamente significative, così come l'*Harvest Index*. E' comunque da segnalare il buon livello produttivo mediamente ottenuto, attestatosi attorno a valori variabili tra le 440 e i 500 g m⁻²(tab. 4.2.5.).

Per quel che riguarda la biomassa della flora infestante non ci sono differenze statisticamente significative, a dispetto di una apparente cospicua differenza tra le

medie dei vari trattamenti, che sembrerebbe indicare una tendenza alla diminuzione della biomassa infestante nelle tesi fertilizzate ed in quelle bulate. La media delle parcelle sottoposte a bulatura infatti fanno rilevare 33,1 piante a m⁻², mentre quelle non bulate 60,4; Così come i mix di fertilizzanti F1 e F2 fanno registrare un risultato sostanzialmente simile e pari rispettivamente a 34,2 e 34,7 piante m⁻², mentre le parcelle testimone non fertilizzate presentano in media 73,7 piante m⁻². Il fatto che a fronte di queste differenze l'analisi della varianza non riveli differenze significative è imputabile alla grande variabilità dei dati rilevati in campo.

Tab. 4.2.4 Numero di spighe m⁻² del frumento duro. Effetto medio bulatura e fertilizzazione.

Trattamento	Numero di spighe	
Bulato	304,7	a
Non Bulato	342,1	a
Mix F1	348,8	a
Mix F2	350,3	a
Non fertilizzato	271,0	b

I valori contraddistinti da lettere diverse differiscono in maniera statisticamente significativa per $P \leq 0,05$;

Tab. 4.2.5 Peso secco della granella, delle spighe e totale (parte aerea) del frumento duro, Harvest Index e riempimento delle spighe rilevati con il campionamento del 28 giugno 2005. Effetto medio bulatura e fertilizzazione.

Trattamento	Granella (g/m ²)	Spighe (g/m ²)	Parte aerea frumento (g/m ²)	Harvest Index	Riempimento spighe
Bulatura	456,3 n.s.	595,5 n.s.	963,6 n.s.	0.48 n.s.	0.77 n.s.
Non Bulato	502,5 n.s.	663,0 n.s.	1073,8 n.s.	0.47 n.s.	0.75 n.s.
Mix F1	505,3 n.s.	662,3 n.s.	1095,6 n.s.	0.46 n.s.	0.76 n.s.
Mix F2	492,6 n.s.	652,0 n.s.	1049,7 n.s.	0.47 n.s.	0.75 n.s.
Non fertilizzato	440,3 n.s.	573,6 n.s.	910,7 n.s.	0.49 n.s.	0.77 n.s.

n.s. = non significativo per $P \leq 0,05$

Biomassa del trifoglio

Non ci sono differenze significative per quanto riguarda la biomassa del trifoglio rispetto alle differenti fertilizzazioni. Il Mix F1 ed il Mix F2 fanno registrare rispettivamente 6 e 12,4 g m⁻² di sostanza secca prodotta dal trifoglio in data 28 giugno, mentre le parcelle testimone 8,5 g m⁻². È però da segnalare il fatto che i dati in questione comunque possono essere ritenuti meno attendibili rispetto al resto poiché la lunga permanenza dei campioni (50 giorni) in cella frigorifera ha reso assai difficoltosa la cernita tra la biomassa di trifoglio e quella del resto delle infestanti. Inoltre, a causa delle avverse condizioni di campo si sono verificate notevoli difficoltà al momento del campionamento, in quanto parte della biomassa del trifoglio trovandosi in stress idrico, risultava di difficile raccolta. È quindi probabile che la produzione di biomassa del trifoglio sia stata sottostimata rispetto al valore reale.

4.3 Frumento duro 2006

Densità della coltura e della flora infestante

Dall'analisi statistica della varianza ad una via, con disegno sperimentale completamente randomizzato del parametro densità di infestazione prendendo come fattore dell'analisi il singolo campo (1,2,3,4,5,6,7,8 e 9) e successivamente il singolo rilevamento (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11 e 12) i dati esprimono delle differenze statisticamente significative per $P \leq 0,05$ sia per i campionamenti di aprile che per quelli di giugno. Queste differenze però non sono riconducibili ad alcun gradiente spaziale (dati non riportati).

Dall'analisi della varianza a due vie con disegno sperimentale a blocchi randomizzati del parametro densità della coltura e di quello densità di infestazione, effettuata prendendo come fattori di analisi rispettivamente la varietà e la bulatura, e come blocchi i 12 campionamenti orientati sull'asse Nord-Sud effettuati su ciascuna tesi (1 meridionale-12 settentrionale), non si riscontrano interazioni statisticamente significative tra i due parametri pertanto i dati riportati sono espressi come effetto medio dei due fattori analizzati. Per quanto riguarda la densità della coltura non risultano differenze significative tra i trattamenti. Per ciò che riguarda la flora infestante risulta una differenza significativa per $P \leq 0,05$ in aprile (tab. 4.3.1), solo per il fattore varietà, mentre in giugno (tab. 4.3.2), oltre alla varietà si riscontrano differenze anche per il fattore bulatura. In particolare nel rilevamento di aprile la varietà Cirillo esprime

una densità di infestazione sensibilmente inferiore alle altre due, (39,4% rispetto alla media delle altre). Nel rilievo di giugno la stessa varietà esprime sempre una differenza di densità di infestazione simile alla precedente, (-40,5%). Dai dati relativi a questo secondo rilievo è possibile apprezzare anche la differenza tra le tesi bulate e quelle non bulate, dove quelle non bulate esprimono un 32% in meno di infestazione. Dall'analisi della densità del trifoglio pratense, così come si può vedere anche dalla foto 4.3.1, la sua presenza risulta notevolmente bassa per poter determinare un effetto di contenimento nei confronti della flora infestante così rilevante; l'analisi della biomassa ha inoltre evidenziato che in definitiva la quantità di trifoglio raccolta nei campionamenti è stata così scarsa da essere difficilmente analizzabile statisticamente per la bassa frequenza di rilevamento.

Tab. 4.3.1 Densità di piante infestanti espressa come piante m⁻² del dato rilevato tra il 5 ed il 6 aprile 2006, tra parentesi è riportato il dato come radice quadrata. Effetto medio per varietà e bulatura. La LSD riportata è da confrontarsi con i valori espressi tra parentesi.

Fattore	Piante/m ²	n.	
San Carlo	25,5 (5,047)	24	a
Cappelli	22,9 (4,783)	48	a
Cirillo	14,6 (3,827)	36	b
LSD= 1,054			
Non Bulato	22,3 (4,717)	72	a.
Bulato	17,1 (4,135)	36	a
LSD = 0,861			

I valori contraddistinti da lettere diverse differiscono in maniera statisticamente significativa per $P \leq 0,05$;



Foto 4.3.1 Una pianta di trifoglio isolata rinvenuta in A-10 il 6 giugno 2006.

Tab. 4.3.2 Densità di piante infestanti espressa come piante m^{-2} del dato rilevato tra il 7 ed il 9 giugno 2006, tra parentesi è riportato il dato come radice quadrata. Effetto medio per varietà e bulatura. La LSD riportata è da confrontarsi con i valori espressi tra parentesi.

Fattore	Piante/ m^2	n.	
Cappelli	70,3 (8,382)	48	a
San Carlo	67,9 (8,239)	24	a
Cirillo	41,1 (6,411)	36	b
LSD= 1,270			
Non Bulato	66,8 (8,170)	72	a
Bulato	45,4 (6,737)	36	b
LSD= 1,038			

I valori contraddistinti da lettere diverse differiscono in maniera statisticamente significativa per $P \leq 0,05$

Densità delle principali infestanti

Per quanto concerne la distribuzione spaziale della densità delle principali specie infestanti tra i nove campi analizzati, solo i dati di *A. arvensis* in aprile e quelli di *C. arvensis* in giugno evidenziano differenze significative per $P \leq 0,05$. Nel caso dell'*A. arvensis* nel rilievo di aprile, (fig. 4.3.1) si nota una distribuzione legata ad un gradiente connesso alla vicinanza dei bordi.

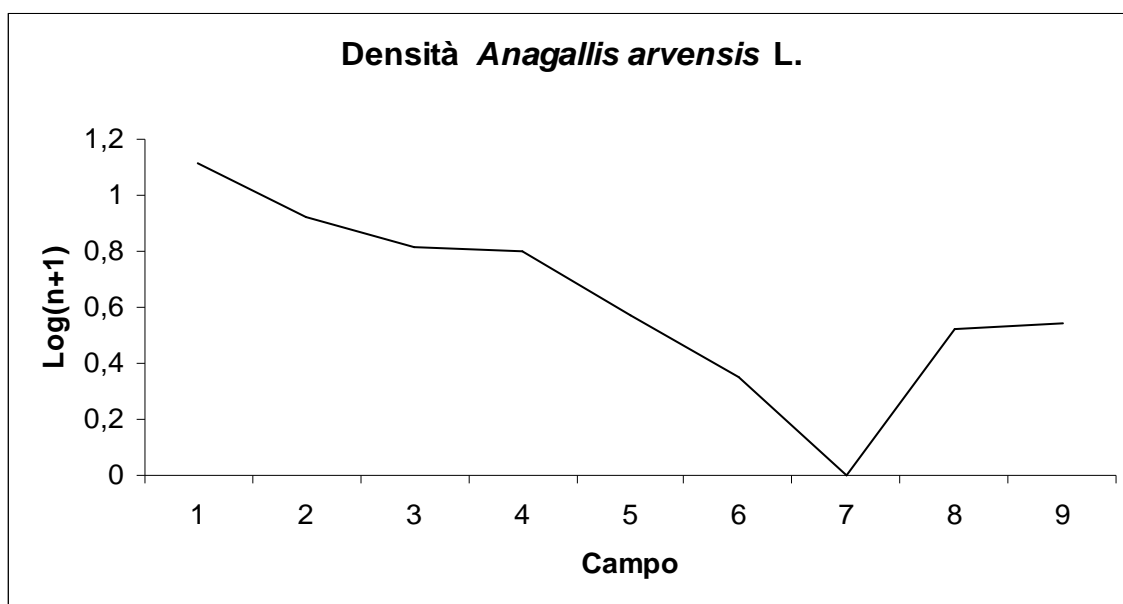


Fig. 4.3.1 Rappresentazione dei valori medi di ogni campo espressi come Log in base 10 del numero di individui di *Anagallis arvensis* L. sommato di un unità rilevati per m².

Dall'analisi statistica della varianza a due vie con disegno sperimentale a blocchi randomizzati del parametro densità di *A. arvensis* (tab. 4.3.4) e *C. arvensis* (tab. 4.3.5) effettuata con gli stessi criteri utilizzati precedentemente per le altre infestanti, risulta che le specie hanno una differenza di densità statisticamente significativa per $P \leq 0,05$. Nell'analisi relativa ad *A. arvensis* tale differenza si esprime per il fattore varietà in aprile mentre in quella relativa al *C. arvensis* in giugno. In entrambi i casi le infestazioni sono prevalentemente concentrate nelle parcelle coltivate con la varietà Cappelli. In nessun caso si riscontra interazione statisticamente significative tra i due parametri; non si evidenzia alcuna differenza tra i 12 blocchi.

Tab. 4.3.4 Densità di *Anagallis arvensis* L. nel rilievo effettuato tra il 5 ed il 6 aprile 2006, tra parentesi il dato espresso come $\text{Log}_{10} [(piante/m^2)+1]$. Effetto medio per varietà e bulatura. La LSD riportata è da confrontarsi con i valori espressi tra parentesi.

Fattore	Piante/m ²	n
Cappelli	7,2 (0,913)	48 a
San Carlo	2,4 (0,531)	24 b
Cirillo	1,0 (0,306)	36 b
LSD= 0,297		
Non Bulato	3,6 (0,659)	72 a
Bulato	2,6 (0,561)	36 a
LSD=0,242		

I valori contraddistinti da lettere diverse differiscono in maniera statisticamente significativa per $P \leq 0,05$

Tab. 4.3.5 Densità di individui di *Convolvulus arvensis* L. nel rilievo effettuato tra il 7 ed il 9 giugno 2006, tra parentesi il valore medio espresso come $\text{Log}_{10} [(piante/m^2)+1]$. Effetto medio per varietà e bulatura. La LSD riportata è da confrontarsi con i valori espressi tra parentesi.

Fattore	Piante/m ²	n
Cappelli	3,5 (0,655)	48 a
Cirillo	1,1 (0,319)	36 b
San Carlo	0,2 (0,092)	24 b
LSD= 0,284		
Non Bulato	1,9 (0,456)	72 a
Bulato	1,2 (0,342)	36 a
LSD=0,232		

I valori contraddistinti da lettere diverse differiscono in maniera statisticamente significativa per $P \leq 0,05$

Produzione del frumento e biomassa delle infestanti

Dall'analisi della varianza a due vie (varietà e bulatura) con disegno sperimentale a blocchi randomizzati dei vari parametri di produzione del frumento, già utilizzati per le analisi del frumento nel 2005, utilizzando come blocchi i 3 campioni orientati sull'asse nord-sud effettuati su ciascuna tesi ("a" meridionale, "b" centrale, "c" settentrionale), è stata ricavata la tabella 4.3.6. Nell'ambito dei parametri produttivi la varietà Cirillo è quella che mantiene costantemente un effetto statisticamente differente dalle altre due ed inoltre evidenzia risultati quantitativamente superiori sia in Bulato che nel controllo. Per quanto riguarda invece "*Harvest Index*" e "Riempimento della spiga", San Carlo risulta la varietà con indice maggiore, con valori poco più alti di Cirillo, mentre Cappelli risulta la specie con i valori significativamente più bassi.

Circa l'interazione tra i parametri varietà e bulatura è possibile notare che all'interno dei valori di ciascuna varietà, sia per Cirillo che per Cappelli, non esistono differenze statisticamente significative, tra i risultati in Bulato e quelli del controllo. In San Carlo invece, per quanto concerne tutti i parametri produttivi che evidenziano interazione - peso della granella, peso secco della spiga, peso secco della parte aerea del frumento-, la media in Bulato risulta significativamente maggiore per $P \leq 0,05$, rispetto al controllo. La varietà più produttiva, Cirillo, per le prove non bulate, evidenzia una minor infestazione rispetto alle altre due varietà, mentre San Carlo risulta la varietà con una biomassa di flora infestante maggiore; per le prove bulate invece non risultano differenze significative tra le varietà.

Tab.4.3.6 *Rappresentazione delle medie per varietà e bulatura dei principali parametri esaminati: Peso secco della granella m⁻² (PS Granella), peso secco delle spighe m⁻² (PS Spiga), peso secco di tutto la biomassa prodotta dalla pianta di frumento m⁻² (PS Parte Aerea), Numero di spighe m⁻² (n°Spighe), Harvest Index (H.I.), Riempimento della spiga calcolato come peso secco della granella su peso secco della spiga(R. S.) ed in fine il Peso secco della biomassa estranea alla coltura (PS Inf.). In caso di interazioni significative tra i due fattori sperimentali i dati sono stati anche riportati scorporati.*

		PS Granella [§]	PS Spiga [§]	PS Parte Aerea [§]	n°Spighe [§]	H.I. [#]	R.S. [#]	PS Inf.
1 Varietà:	Cirillo	502,73 (2,70)a	653,07 (2,81)a	1085,60 (3,03)a	255,43 (2,40) a	0,46 (0,481) b	0,77 (0,878)a	8,17 b
	Cappelli	286,18 (2,45) b	400,84 (2,60)b	879,15 (2,94)a	145,25 (2,16) c	0,33 (0,332) c	0,71 (0,795) b	22,5 ab
	San Carlo	279,08 (2,44) b	356,47 (2,55)b	557,42 (2,74) b	186,33 (2,27) b	0,49 (0,515) a	0,78 (0,888)a	35,18 a
	LSD	0,103	0,094	0,099	0,102	0,024	0,022	17,52
2 Bulatura	Si	364,41 (2,56)n.s.	478,37 (2,67) n.s.	862,73 (2,93)n.s.	204,26 (2,31) n.s.	0,43 (0,445) n.s.	0,76 (0,862) n.s.	14,41 n.s.
	No	321,74 (2,50)n.s.	430,07 (2,63) n.s.	761,03 (2,88)n.s.	177,66 (2,24) n.s.	0,43 (0,440) n.s.	0,75 (0,847) n.s.	29,49 n.s.
	LDS	0,084	0,076	0,081	0,083	0,019	0,019	14,31
1 X 2		**	**	*	n.s.	n.s.	n.s.	*
	Cirillo x Si	496,29 (2,69)	459,40 (0,662)	1073,326 (3,03)				12,44
	Cirillo x No	509,17 (2,70)	579,00 (2,76)	1098,02 (3,04)				3,90
	Cappelli x Si	259,21 (2,41)	348,20 (2,54)	804,69 (2,90)				16,96
	Cappelli x No	315,97 (2,50)	405,40 (2,60)	960,51 (2,98)				28,03
	San Carlo x Si	376,19 (2,57)	499,60 (2,69)	743,49 (2,87)				13,83
	San Carlo x No	207,04 (2,31)	257,00 (2,41)	417,93 (2,62)				56,53
	LSD	0,118	0,108	0,114				20,154

I valori espressi tra parentesi rappresentano rispettivamente: § logaritmo in base 10, # arcoseno; quelli contraddistinti da lettere diverse differiscono in maniera statisticamente significativa per $P \leq 0,05$; n.s. = non significativo. La LSD riportata è pertanto da confrontarsi con i valori espressi tra parentesi.

Correlazione tra produzione e biomassa delle infestanti

In fig. 4.3.2 è riportata la curva di regressione della biomassa delle infestanti rispetto alla biomassa complessiva del frumento ed il relativo rapporto. La curva logaritmica tracciata, esprime un tasso di decremento di pendenza abbastanza leggero. Questo indica una diminuzione della massa della flora infestante abbastanza costante in relazione all'aumento di biomassa prodotta dalla coltura, inoltre per i valori di biomassa della coltura superiore al 1000 g m^{-2} , non si riscontrano mai valori di biomassa di infestanti superiori ai 10 g m^{-2} .

Per quanto riguarda il numero di individui di frumento duro rispetto alla biomassa delle infestanti, viene evidenziata una correlazione negativa, con un andamento di tipo esponenziale (fig. 4.3.3). In questo caso il tasso di decremento della pendenza risulta assai più repentino, evidenziando un limite abbastanza netto tra i valori di densità che contengono lo sviluppo della flora infestante ed i valori che invece non assolvono tale funzione. Si nota infatti come per valori di densità inferiori a $230\text{-}250 \text{ individui m}^{-2}$ la biomassa delle infestanti si sviluppi in maniera notevolmente maggiore rispetto a densità superiori a tale limite, oltre il quale non supera mai i 10 g m^{-2} .

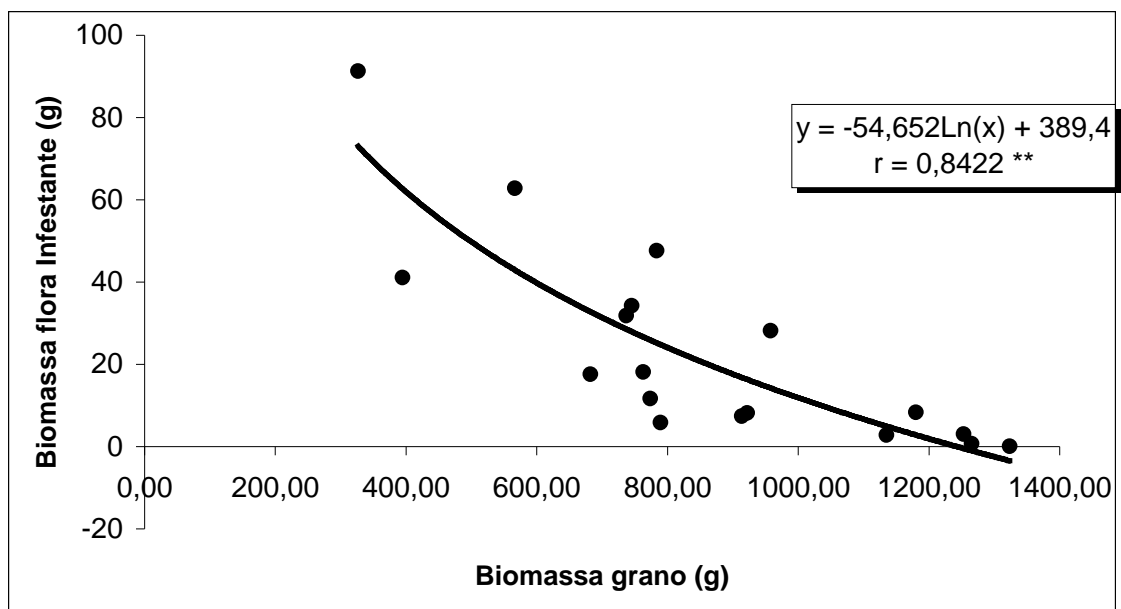


Fig. 4.3.2 Curva di regressione calcolata tra i parametri peso della parte aerea della coltura e peso secco delle infestanti espressi in grammi.

**=Significativo per $P < 0,01$.

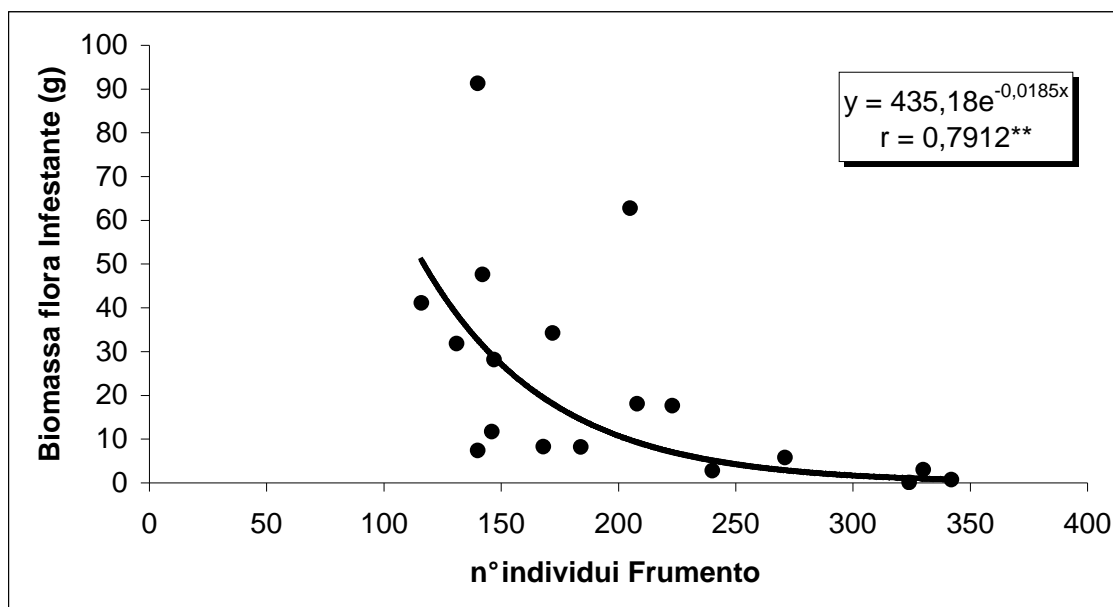


Fig. 4.3.3 Curva di regressione calcolata tra i parametri numero di individui di frumento duro rilevati per m² ed peso secco delle infestanti espresso in grammi.

**=Significativo per $P < 0,01$

Composizione della flora spontanea

Dai risultati relativi alla DCA, viene evidenziato un gradiente superiore 4 DS per tutte e tre le analisi eseguite ovvero aprile 2006, giugno 2006 e l'analisi complessiva. Dall'effettuazione della CA è stato ricavato il dato relativo alla spiegazione della varianza della composizione floristica in relazione alle variabili utilizzate, corrispondente al 12% per quanto concerne l'analisi complessiva di tutti i dati raccolti sia ad aprile che a giugno, mentre nelle analisi relative a ciascun campionamento tale valore risulta pari al 9,3% per entrambi.

I primi due assi utilizzati per costruire il grafico del primo confronto risultano spiegare alla CA rispettivamente l'8 ed il 15% della variabilità floristica. Il grafico (*triplot*) in questione riportato in figura 4.3.4 è stato ottenuto attraverso l'elaborazione grafica di una CCA. Delle variabili utilizzate per interpretare la variabilità floristica, quelle che risultano significative ($P \leq 0,05$) e spiegano la variabilità per valore riportato tra parentesi, sono le seguenti: San Carlo nel rilievo di giugno (2,7%), San Carlo nel rilievo di aprile (2,5%), Cirillo nel rilievo di aprile (2,1%), Cappelli in aprile (2,3%), Bulatura (1,1%), Cappelli nel rilievo di giugno (1%) e il numero di piante di grano (1%). Dal grafico (*triplot*) riportato in fig. 4.3.4 si evince come il momento di esecuzione del rilievo abbia influito maggiormente tra i parametri presi in analisi per interpretare la

composizione floristica, infatti i centroidi di ciascun rilievo restano più vicini rispetto alla distanza che esiste tra i due rilievi di ogni varietà.

Si nota inoltre, come la bulatura sia poco significativa per il fatto che i due centroidi che rappresentano i due diversi trattamenti (Bulato e Non Bulato) si trovino molto appressati tra loro e prossimi all'origine degli assi.

Sempre in relazione all'evoluzione della composizione della flora infestante si può notare come i dati raccolti sui campi seminati con la varietà Cirillo passino da una similitudine con quelli rilevati sugli appezzamenti di San Carlo in aprile a quelli di Cappelli in giugno.

A causa della forte differenziazione temporale sono state eseguite le stesse analisi ed elaborazioni grafiche in maniera separata sia sui dati raccolti in aprile che su quelli di giugno.

I primi due assi nell'analisi eseguita (CA) sui dati relativi al solo campionamento di aprile spiegano rispettivamente il 16 ed il 27 % della variabilità floristica. Il grafico relativo ai campionamenti di aprile fig. 4.3.5 realizzato attraverso una CCA .

L'asse delle ordinate risulta più legato al logaritmo della densità della coltura rispetto all'altro, mentre la varietà più correlata con questo asse appare Cirillo, seguita da San Carlo e quindi Cappelli.

Delle variabili utilizzate per interpretare la variabilità floristica, quelle che risultano significative ($P \leq 0,05$) e la spiegano per valore riportato tra parentesi sono le seguenti: San Carlo (4,1%), Cappelli (2,6%), Bulato (2 %).

Le specie che risultano maggiormente caratteristiche rispetto alla var. Cirillo sono *Potentilla reptans* L., *Lactuca serriola* L., *F. officinalis* e *Stellaria spp.*. Per quanto concerne la varietà San Carlo le specie con maggiore specificità risultano essere *C. dactylon*, (L.) Pers *Lolium spp.* e *C. album*, mentre per la varietà Cappelli risultano avere una presenza relativa maggiore: *A. arvensis* ed *Avena spp.*. Risultano scarsamente caratterizzati i generi *Papaver spp.* e *C. arvensis*, quest'ultimo tra l'altro appare anche una delle specie maggiormente presenti nell'appezzamento assieme ad *A. arvensis* e *Verbena officinalis* L., questa ultima più presente nel rilievo di giugno.

Nella figura 4.3.6 relativa all'analisi multivariata del frumento duro in giugno, i primi due assi spiegano della variabilità floristica rispettivamente il 9,6 ed il 17,1 %.

Le variabili utilizzate per spiegare la variabilità floristica che risultano statisticamente significative per ($P \leq 0,05$) e che la spiegano per il valore riportato tra parentesi sono:

San Carlo (3,8%), il numero di culmi di frumento (1,8%), Cappelli (1,8%), Bulato (1,6%).

Nel rilievo più prossimo alla raccolta, le specie più diffuse risultano anche quelle più a-specifiche infatti la loro rappresentazione grafica cade sempre nei pressi dell'origine degli assi.

Cirillo e Cappelli, come per altro già evidenziato in precedenza, mostrano una composizione floristica assai simile caratterizzata dalla presenza di specie come *G. dissectum*, *Rumex* spp., *A. myosuroides*, *V. officinalis*, *A. arvensis* e *C. arvensis*; si differenziano invece per il fatto che *S. arvensis* ha maggiore specificità con Cirillo mentre *Cirsium* spp. con Cappelli. Nelle parcelle relative alla varietà San Carlo la composizione si distingue in maniera netta rispetto alle altre due, con spiccata prevalenza di *C. album*, *Poa* spp., *Ranunculus* spp., *Polygonum aviculare* L., *C. dactylon*.

P. major e *K. spuria* risultano anche come quelle specie che hanno la maggior affinità allo sviluppo nelle zone di minor densità dei culmi di frumento.

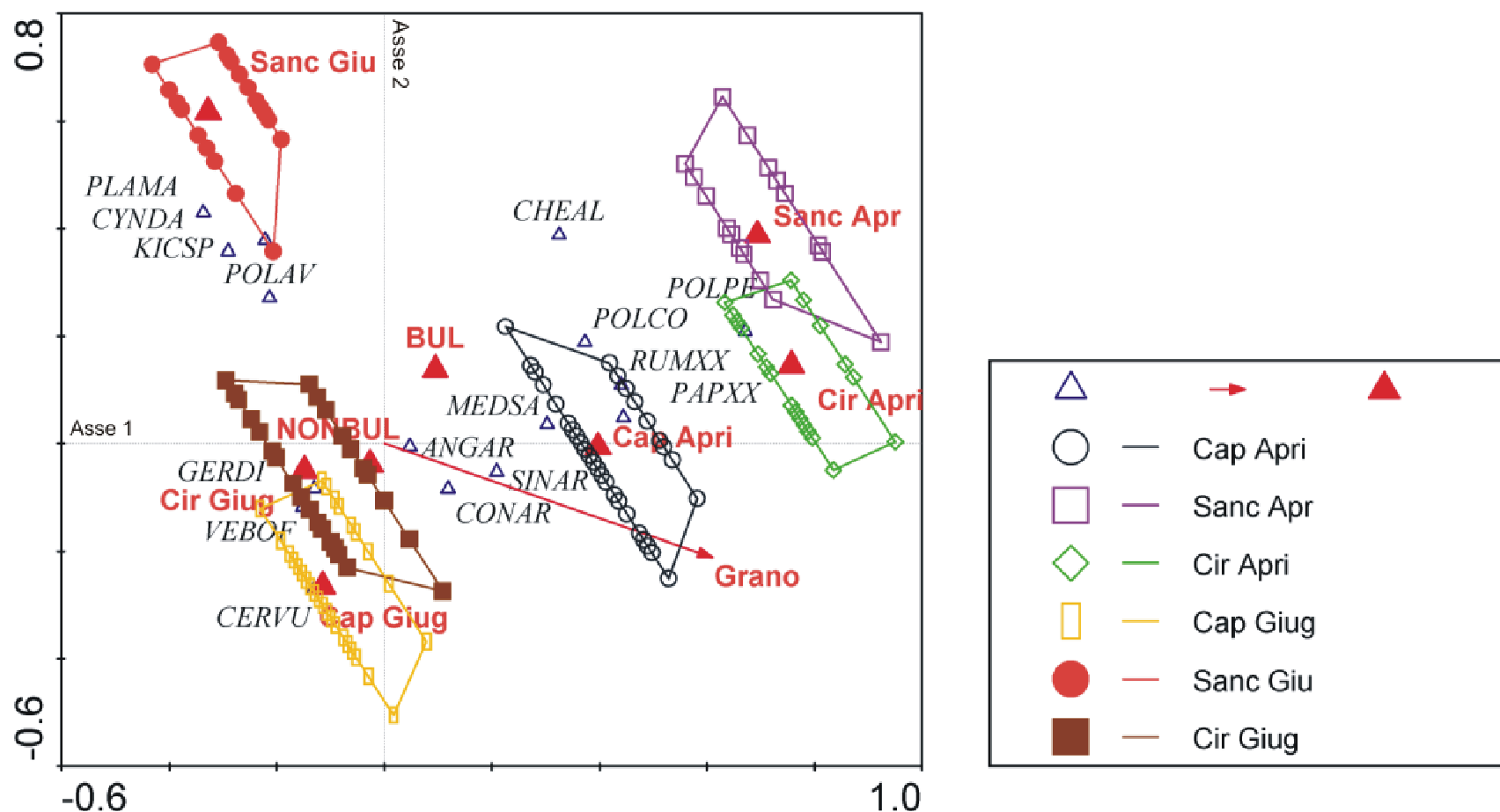


Fig 4.3.4 Triplot relativo alla composizione specifica della comunità vegetale in relazione alle varietà, alla bulatura ed ai diversi momenti del rilevamento, alle variabili ambientali (numero di piante di frumento); rappresentazione dell'asse 1 e dell'asse 2. In senso orario: CHEAL, *Chenopodium album* L.; POLCO, *Polygonum convolvulus* L.; POLPE, *Polygonum persicaria* L.; RUMXX, *Rumex* spp.; MEDSA, *Medicago sativa* L.; PAPXX, *Papaver* spp.; ANGAR, *Anagallis arvensis* L.; SINAR, *Sinapis arvensis* L.; CONAR, *Convolvulus arvensis* L.; CERVU, *Cerastium fontanum* Baumg.; VEOBF, *Verbena officinalis* L.; GERDI, *Geranium dissectum* L.; POLAV, *Polygonum aviculare* L. KICSP, *Kickxia spuria* (L.) Dumort.; CYNDA, *Cynodon dactylon* (L.) Pers.; PLAMA, *Plantago major* L.; Cap, Cappelli; Cir, Cirillo; Sanc, San Carlo; Apr, Aprile; Giug, Giugno,; BUL, Bulato; NONBUL, Non Bulato; Grano, densità della coltura a m^{-2} .

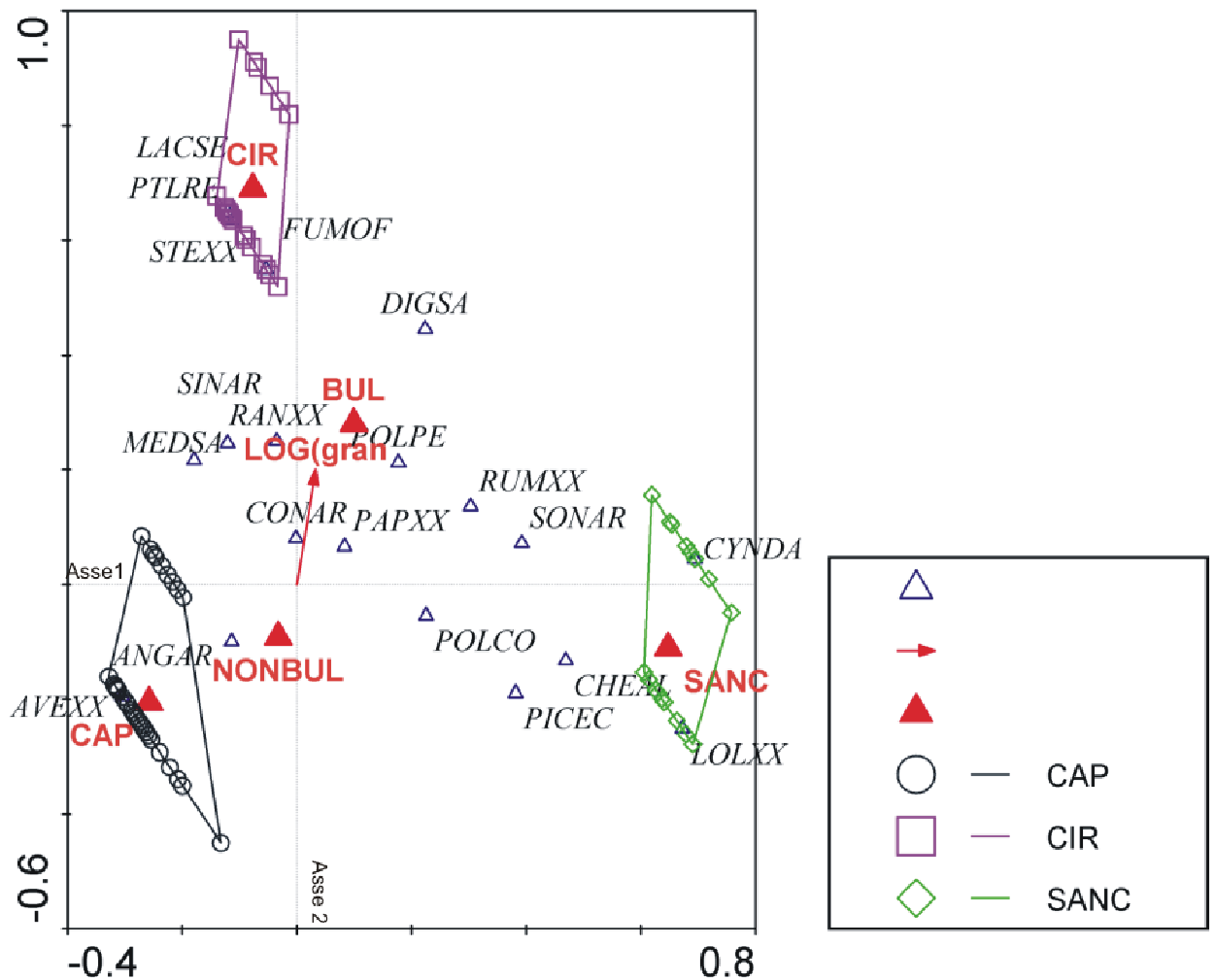


Fig 4.3.5, Triplot relativo alla composizione specifica della comunità vegetale di prile in relazione alle varietà, alla bulatura, alle variabili ambientali (numero di piante di frumento), campionamento eseguito in aprile, rappresentazione dell'asse 1 e dell'asse 2. In senso orario: CONAR, *Convolvulus arvensis* L.; DIGSA, *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.; PAPXX, *Papaver* spp.; POLPE, *Polygonum persicaria* L.; RUMXX, *Rumex* spp.; SONAR, *Sonchus arvensis* L.; CYNDA, *Cynodon dactylon* (L.) Pers.; POLCO, *Polygonum convolvulus* L.; CHEAL, *Chenopodium album* L.; LOLXX, *Lolium* spp.; PICEC, *Picris echioides* L.; ANGAR, *Anagallis arvensis* L.; AVEXX, *Avena* spp.; MEDSA, *Medicago sativa* L.; SINAR, *Sinapis arvensis* L.; PTLRE, *Potentilla reptans* L.; LACSE, *Lactuca serriola* L.; STEXX, *Stellaria* spp.; FUMOF, *Fumaria officinalis* L.; RANXX, *Ranunculus* spp. Cap, Cappelli; Cir, Cirillo; Sanc, San Carlo; Log (gran), logaritmo della densità del frumento a m^{-2} ; BUL, Bulato; NONBUL, Non Bulato.

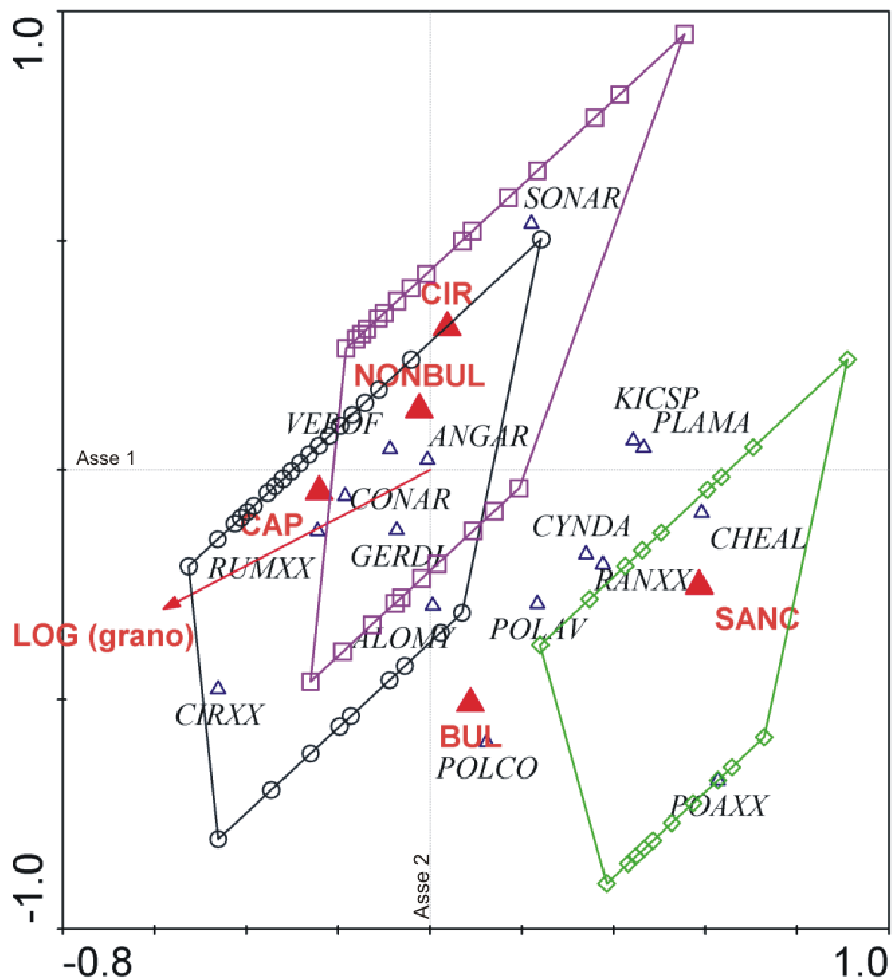


Fig 4.3.6, Triplot relativo alla composizione specifica della comunità vegetale di giugno in relazione alle varietà, alla bulatura, alle variabili ambientali (numero di piante di frumento), campionamento eseguito in giugno, rappresentazione dell'asse 1 e dell'asse 2. In senso orario: SONAR, *Sonchus arvensis* L.; KICSP, *Kickxia spuria* (L.) Dumort.; PLAMA *Plantago major* L.; CHEAL, *Chenopodium album* L.; CYNDA *Cynodon dactylon* (L.) Pers.; RANXX, *Ranunculus* spp.; POLAV, *Polygonum aviculare* L.; POAXX, *Poa* spp.; ALOMY *Alopecurus myosuroides* Huds.; GERDI *Geranium dissectum* L.; CIRXX, *Cirsium* spp.; RUMXX, *Rumex* spp.; CONAR, *Convolvulus arvensis* L.; VEOF, *Verbena officinalis* L.; ANGAR, *Anagallis arvensis* L.; Log (gran), *logaritmo della densità del frumento a m⁻²*; BUL, *Bulato*; NONBUL, *Non Bulato*.

5. DISCUSSIONE

5.1 Erba medica 2005

Interferenza tra fattori ambientali e trattamenti.

In prossimità dell'esecuzione del secondo sfalcio (21 giugno 2005 per la tesi Anticipata e 8 luglio 2005 per quella Standard) sono state realizzate le osservazioni a riguardo della flora infestante e i prelievi di biomassa. In questa occasione sono state evidenziate le maggiori differenze tra le due tesi per quanto concerne la composizione del prato. La tesi sfalciata in anticipo ha riportato una copertura maggiore da parte della flora spontanea. Più in dettaglio alcune specie hanno fatto registrare una maggiore presenza come il *L. perenne* ed in misura notevolmente maggiore il *L. multiflorum*.

La maggiore presenza di infestanti in questa tesi è probabilmente connessa all'andamento climatico; l'unica pioggia utile del mese di maggio e dei primi 15 giorni di giugno si è verificata il 18 maggio 2005 (28,2 mm) in prossimità dello sfalcio effettuato sulla tesi in questione, avvenuto la settimana seguente. Le temperature massime superiori ai 20°C e soprattutto i venti frequenti nella pianura litoranea pisana hanno da un lato asciugato la parte aerea del prato per la data dello sfalcio, mentre dall'altro hanno reso le condizioni idriche del terreno in uno stato ottimale per favorire la germinazione e l'emergenza delle specie presente nella "seed bank". Nella parte dell'appezzamento relativa allo sfalcio Standard, eseguito solo il 30 maggio invece le condizioni meteorologiche degli ultimi 10 giorni di maggio, in cui le temperature massime sono rimaste stabili attorno ai 25°C, la completa assenza di piogge utili per i 22 giorni precedenti lo sfalcio Anticipato, hanno determinato una condizione di umidità del terreno più favorevole alla coltura (apparato radicale profondo) che all'emergenza della flora potenziale o allo sviluppo di quella espressa. Alla prima pioggia utile (10mm) il 14 giugno 2005 successiva allo sfalcio Standard (30 maggio), la coltura aveva già raggiunto un livello di ombreggiamento tale da impedire l'emergenza al contrario di ciò che si è verificato nel caso della tesi sfalciata in anticipo.

L'analisi qualitativa del fieno relativa al secondo sfalcio mette in evidenza una maggiore presenza di estrattivi inazotati, (+11,9%) in quello sfalciato anticipatamente mentre per la porzione lipidica risulta inferiore del 15% rispetto al controllo; i restanti parametri restano sostanzialmente inalterati. Tale maggior presenza di estrattivi in azotati infatti in linea di massima favorisce una popolazione batterica del rumine dei bovini che incrementa la produzione di acido acetico, acido precursore di acidi grassi più adatti alla produzione di carne rispetto a quelli, la cui produzione è favorita da una

maggior presenza di fibra, che invece risultano assai più importanti in caso di allevamento dedicato alla produzione di latte (Antongiovanni, 1997; Succi, 1997).

Il Controllo della flora infestante e la qualità del fieno.

La maggiore espressione della “seed bank”, alla luce dei risultati qualitativi evidenziati nel capitolo 4.1 e di quelli relativi alla presenza di specie annuali può non essere vista come un effetto totalmente negativo, soprattutto in un ottica di riduzione graduale della flora potenziale presente. Come i dati hanno poi dimostrato infatti, la maggior espressione di terofite in un prato sfalcio di frequente non implica necessariamente l’aumento di presenza di queste nello stock della “seed bank”, poiché se, come nel caso in questione, l’epoca di sfalcio è stata regolata al fine di anticipare il periodo di disseminazione, il controllo degli individui emersi risulta efficace.

Dalle osservazioni relative al terzo, quarto e quinto sfalcio, si nota come le differenze tra le due tesi vadano sostanzialmente appianandosi, in relazione alla simile modalità di sviluppo della flora infestante. La tendenza evidenziata dall’analisi multivariata (fig. 4.5), si riflette successivamente in una sostanziale eguaglianza dei risultati qualitativi del fieno di maggio 2006 (tab. 4.1.5). Tale similitudine è probabilmente da imputarsi all’andamento climatico, sostanzialmente simile nei periodi attorno ai tagli in analisi. In prossimità degli stessi infatti si sono verificate grossomodo le seguenti condizioni: precipitazioni utili praticamente assenti per i tagli di luglio delle due tesi e precipitazioni superiori ai 15mm pochi giorni prima dei due rispettivi sfalci nel mese di agosto.

I dati relativi allo sfalcio di maggio 2006 risultano particolarmente interessanti per apprezzare l’effetto determinato dalle diverse epoche di taglio a cui sono state sottoposte le due porzioni. Benché ad una prima analisi della varianza relativa ai dati qualitativi della composizione del fieno e della copertura da parte delle infestanti, non emergono differenze apprezzabili, è invece evidente dall’analisi multivariata (fig. 4.5) che la composizione delle specie presenti nelle due tesi risulta assai diversificata. In particolare *A. myosuroides* appare particolarmente presente nella tesi Anticipata proprio nel maggio 2006. Tale specie, caratterizzata da una spiccata attitudine alla disseminazione scalare, consente alle strutture di riproduzione maturate anticipatamente e posizionate nella zona distale dell’infiorescenza, di essere già mature all’inizio di maggio. Questa attitudine non si evidenzia in maniera così spiccata nelle altre specie presenti in maniera sostanziale nel prato nel maggio 2005. È quindi probabile che

mentre le altre specie annuali siano state controllate con lo sfalcio Anticipato alla metà di maggio, questa specie sia riuscita a disseminare in maniera efficace prima dell'effettuazione delle operazioni di controllo e conseguentemente che abbia tratto un vantaggio competitivo dall'esecuzione anticipata dello sfalcio, l'esecuzione del quale ha eliminato le specie che occupano simile nicchia ecologica, ma con capacità di maturazione e disseminazione non così anticipata.

Ad una analisi della varianza più approfondita selezionando le sole specie annuali a disseminazione compresa nel calendario di sfalcio (fig. 4.3) è possibile notare come queste risultino maggiormente presenti durante l'anno, ma ciò nonostante, non arrivino mai a disseminare in maniera proporzionale alla loro presenza, e si ritrovino conseguentemente meno espresse alla ripresa vegetativa nel maggio 2006. Un altro elemento che risulta dal confronto tra analisi multivariata ed analisi della varianza della copertura e della qualità del prato è la maggior copertura da parte della coltura nella tesi sfalciata anticipatamente in concomitanza con il taglio di maggio 2006. Benché non risultino differenze significative né nella composizione nutrizionale né per quanto riguarda l'analisi della varianza della copertura delle infestanti (tab. 4.1.5, fig. 4.1.2), l'analisi multivariata (fig. 4.5) evidenzia una chiara relazione tra lo sfalcio Anticipato e la maggiore presenza di medica.

Tale risultato è probabilmente da attribuirsi alla minor presenza di quelle specie annuali assai frequenti nel 2005, che vengono maggiormente controllate dall'anticipo dello sfalcio. Dall'analisi multivariata, confrontata con i dati relativi alla copertura di ogni singola specie (dati non riportati) si nota come le specie annuali del genere *Bromus* risultino meno presenti nelle tesi sfalciate in anticipo.

Un altro dato interessante a questo proposito riguarda la minor presenza di due specie perenni importanti come *P. trivialis* e *L. perenne*, che fanno registrare una presenza inferiore nelle tesi sfalciate anticipatamente.

Questo effetto benché i dati a disposizione non permettano di chiarire pienamente il fenomeno, potrebbe essere connesso alla maggior competitività espressa dalla medica in relazione ad un periodo di tempo superiore per svilupparsi prima dell'inizio del riposo vegetativo. L'anticipo dell'epoca di esecuzione del primo sfalcio infatti ha prodotto uno sfasamento a catena di tutte le operazioni di taglio determinando così l'effettuazione dell'ultimo sulla tesi in analisi con 12 giorni di anticipo rispetto al controllo. È probabile che questo periodo di tempo abbia determinato una differenza di accumulo di riserve prima del riposo vegetativo.

5.2 frumento duro 2005

Bulatura

La differenza non significativa evidenziata tra le diverse tesi di bulatura nella densità di infestanti nel rilievo di maggio può essere spiegata dal fatto che il trifoglio in quella data non avesse ancora raggiunto una dimensione tale (foto 3.2.1) da permettere un'azione incisiva di soppressione nei confronti della flora infestante. Nel secondo rilevamento invece è già possibile notare come l'azione di contenimento delle infestanti determinata dalla presenza del trifoglio sia evidente, come evidenziato dai risultati dell'ANOVA. È lecito aspettarsi che tale differenza di infestazione risulterà massima al momento della distruzione del prato di trifoglio.

Fertilizzazione

Al contrario, l'effetto della fertilizzazione sulla densità e numerosità del trifoglio si nota in maniera significativa solo durante il primo rilievo (maggio 2005), probabilmente in relazione all'effetto *starter* del fertilizzante -presumibilmente soprattutto quello fosforico- (Baldoni & Giardini 2000) ; tale effetto si è già esaurito all'epoca del secondo rilievo (giugno 2005). L'altro dato significativo legato alla fertilizzazione risulta essere il minor numero di spighe a metro quadro rilevato nelle tesi non fertilizzate (-22%). E' ipotizzabile che le diverse tesi di fertilizzazione non abbiano determinato differenze statisticamente significative nei parametri produttivi del cereale autunno-vernino in virtù di una buona dotazione in fertilità residua del terreno, considerando anche il fatto che il precedente colturale del frumento era un prato di erba medica. Un'altra possibile spiegazione potrebbe essere data dal fatto che il livello di infestazione all'inizio del ciclo del frumento risulta determinante per la sua produzione. Il fatto che non si rilevino differenze in infestazione tra le tesi nel primo rilevamento (18 maggio 2005), spiegherebbe per quale motivo non si trovano differenze produttive tra i trattamenti.

Risulta inoltre interessante rilevare che l'apporto di azoto fissato dal T. pratense al cereale non è stato apprezzabile in termini di maggiore resa. Ciò può essere dovuto al fatto che il frumento è stato seminato in successione ad un prato quadriennale di erba medica - coltura notoriamente miglioratrice della fertilità del terreno - che ha oltretutto abbondantemente ricacciato durante lo sviluppo del cereale (foto 6.2.2). A questo proposito è interessante sottolineare come il trifoglio abbia manifestato durante i mesi più siccitosi segni di stress idrico, mentre i ricacci di erba medica hanno dimostrato una

buona risposta alle condizioni ambientali, probabilmente in virtù del più approfondito apparato radicale e dal vantaggio determinato dal fatto di non provenire da seme e quindi non essere particolarmente suscettibile a condizioni di carenza idrica negli strati superficiali del terreno. I vantaggi del trifoglio, comunque, sia per quanto riguarda l'apporto alla fertilità del suolo sia il controllo delle infestanti potranno essere meglio evidenziati nelle colture che seguiranno il frumento nell'avvicendamento colturale, in virtù del fatto che le dinamiche di queste componenti dell'agro-ecosistema, specialmente in agricoltura biologica, non sono riscontrabili a breve termine.

Per completare quindi una valutazione sull'effetto del trifoglio sul possibile incremento della fertilità del suolo bisognerebbe rilevare dati come la biomassa finale e la concentrazione in nutrienti, oltre a considerare le modalità di interrimento, operazione che verrà eseguita in occasione della preparazione del letto di semina della coltura successiva. Al contrario di quanto preventivato nell'annata agraria 2005/2006 il rientro nella rotazione di un appezzamento precedentemente adibito a pioppeta ha permesso di impiantare il mais previsto sull'appezzamento A-01,02,03 in un'altra zona dell'azienda. Questo ha consentito di mantenere per un ulteriore anno il prato di trifoglio, che è stato poi regolarmente sfalcato come una coltura da foraggio e conseguentemente non è stato possibile effettuare, al momento, alcuna valutazione circa il miglioramento delle condizioni di fertilità chimica e biologica del terreno.

Per quanto riguarda invece l'effetto sulla diminuzione della *seed rain* di infestanti, si possono già fare delle considerazioni anche alla luce degli obiettivi indicati. Anzitutto è chiaro che una minore emergenza delle plantule della flora spontanea, determinata da una condizione di maggiore competizione spaziale e luminosa da parte del trifoglio, apporterà una minore quantità di semi alla *seed bank* per l'anno successivo (Catizone e Zanin, 2001). Inoltre la copertura del terreno durante il periodo autunnale, svolta in questo caso dal trifoglio assieme ai residui di erba medica (foto 6.2.1), oltre a diminuire - rispetto al terreno nudo - il pericolo erosivo determinato dalle piogge stagionali, ostacola lo sviluppo di quelle specie infestanti che approfittando dell'assenza di colture possono disseminare o comunque incrementare i propri apparati di propagazione vegetativa (stoloni, gemme, ecc.) prima dell'effettuazione delle lavorazioni per l'impianto della coltura successiva.

5.3 Frumento duro 2006

Fallimento della bulatura con *Trifolium pratense* L.

Le differenze significative evidenziate dall'ANOVA tra le tesi bulate ed i controlli per i dati relativi alla flora infestante in giugno (tab. 4.3.2) sono difficilmente spiegabili con i dati di copertura e biomassa del trifoglio che fanno registrare un numero di piante emerse ed una biomassa sviluppata molto scarsa. Tali differenze probabilmente sono da porre in relazione ai risultati evidenziati dell'ANOVA circa le differenze di copertura delle infestanti rilevate tra i diversi campi (par. 4.3), anche se non è stato possibile determinare alcun gradiente di variazione spaziale. La varietà che presenta maggiori differenze a livello produttivo tra le prove bulate e quelle non bulate è San Carlo, proprio quella che è stata posizionata nelle due parcelle più piccole e maggiormente soggette all'influenza microclimatica della vegetazione limitrofa.

Un ulteriore conferma alla scarsa riuscita della bulatura viene dai risultati dell'analisi multivariata (fig. 4.3.4, 4.3.5, 4.3.6); nei grafici realizzati infatti si nota come in realtà l'effetto della variabile bulatura (Bulato e Non Bulato) sia assai leggero nella determinazione della composizione floristica dei vari saggi, ad indicare la scarsa azione della presenza del trifoglio nei saggi interessati dalla bulatura.

I motivi di tale fallimento posso essere suddivisi in due principali categorie, da una parte abbiamo le difficoltà riscontrate all'impianto, dall'altra le condizioni ambientali. Per quel che riguarda l'impianto è anzitutto da evidenziare che la semina è stata effettuata con un mese di ritardo rispetto alla sperimentazione dell'anno prima, il ritardo è stato determinato dalle difficoltà nel reperimento della semente biologica adatta all'operazione di bulatura. È necessario inoltre considerare che parte della semente utilizzata è stata conservata in condizioni non ottimali (sono stati riscontrati alcuni fori provocati da roditori nei sacchetti utilizzati). Per quanto concerne la modalità di impianto è da evidenziare il fatto che la larghezza variabile di ciascun campo, ha comportato alcune difficoltà nella regolazione della spandiconcime centrifuga al fine di ottenere una distribuzione omogenea del *T. pratense*. Le condizioni ambientali riscontrate nei campi in analisi ovvero la minor disponibilità di luce al momento dell'emergenza, causata dallo stadio fenologico più avanzato della coltura e delle infestanti a causa del ritardo della semina, hanno poi determinato il definitivo fallimento della consociazione.

L'ipotesi della competizione impari tra la coltura e la specie bulata per lo spazio e l'intercettazione della risorsa luce, risulta supportata inoltre, dal fatto che, dove lo sviluppo della coltura è stato rallentato a causa della presenza di ristagni idrici, o di ombreggiamento, come nel caso dei bordi, la presenza del trifoglio è risultata apprezzabile (foto 5.3.1).



Foto 5.3.1. Sviluppo di *Trifolium Pratense* L. tra il frumento duro, sul bordo dell'appezzamento A-10 (7 Giugno 2006).

Effetto delle Varietà.

È necessario premettere che la situazione generale del campo in cui è stata sviluppata la prova ha causato diverse difficoltà che hanno diminuito l'attendibilità dei risultati.

In origine al momento dell'allestimento delle parcelle sperimentali, per esigenze aziendali, non è stato possibile randomizzare le varietà. Tale impedimento ha determinato il fatto che mentre Cirillo e Cappelli sono state seminate rispettivamente su tre e quattro parcelle grossomodo equivalenti e simili per condizioni pedoclimatiche, San Carlo è stata impiantata sulle due parcelle più piccole e più soggette all'influenza microclimatica della vegetazione arborea limitrofa.

I dati relativi a questa varietà quindi sono stati considerati con la cautela necessaria.

Un altro fattore di variabilità, non valutato al momento della realizzazione delle prove, è stata la condizione idrica del terreno. La composizione del terreno in questione, A-10, risulta caratterizzata da una discreta quantità di argilla (Silvestri *et al.* 2003), per cui durante i mesi invernali si sono verificati ristagni idrici su tutte le parcelle ed in modo in particolare su quelle più prossime ai bordi ovvero dove sono state posizionate le varietà Cappelli e San Carlo. Nelle zone affette da tali fenomeni l'emergenza della coltura è risultata notevolmente ridotta. Ad ogni modo le zone maggiormente colpite dai fenomeni sopra esposti sono state per lo più escluse dalle analisi, in questo modo sono state sottoposte ad analisi solo i dati relativi a quelle parti in cui la coltura ha potuto esprimere al meglio le proprie potenzialità.

Sempre in relazione alla presenza di fallanze è necessario porre un'altra premessa a riguardo dello sviluppo della flora reale; la composizione delle infestanti appare pressoché bilanciata nelle zone in cui la coltura ha potuto svilupparsi in maniera regolare, mentre in quelle dove le fallanze si sono manifestate più intensamente, è risultata caratterizzata da specie come *P. echinoides*, *K. spuria*, *Polygonum persicaria* L. e *P. aviculare* (foto 5.3.2), che si sviluppano prevalentemente sul piano orizzontale.

È necessario inoltre chiarire che dalle fig 4.3.2 e 4.3.3 risulta che la biomassa delle infestanti appare correlata negativamente, in maniera significativa, rispetto ai parametri ritenuti indicativi delle capacità competitive delle varietà come il peso complessivo della biomassa (Wicks *et al.* 1986; Blackshaw 1994; Lemerle *et al.*, 1996; Ogg & Seefeld, 1999;) e la capacità di accestimento-numero di spighe m⁻² (Challaiah *et al.* 1983, Fofana *et al.* 1995).



Foto 5.3.2. Sviluppo di flora spontanea tra il frumento duro, varietà San Carlo in A-10 (10 luglio 2006).

Cappelli.

Nel valutare il comportamento della varietà Cappelli in relazione alla produttività ed alla competizione con la flora spontanea è anzitutto necessario porre in evidenza l'alta percentuale di Cappelli che è stata soggetta ad allettamento (foto 5.3.3). Questo comportamento ha ulteriormente diminuito la produzione già scarsa, rilevata solamente nelle zone dove questo fenomeno non si è verificato. Questa varietà si è caratterizzata per una produzione di granella inferiore a tutte le altre (fig. 4.3.2) ed ha fatto rilevare l'“*Harvest Index*” più basso (tab. 4.3.6). La produzione complessiva di biomassa invece è risultata non differente da quella di Cirillo (tab. 4.3.12). A fronte quindi di una buona produzione di paglia, a discapito della granella, questa varietà non ha comunque fatto registrare un effetto di competizione soddisfacente (tab. 4.3.2, 4.3.4 e 4.3.5). Tale risultato potrebbe essere provocato sostanzialmente da due fattori, il primo riguarda la posizione della coltura nel campo che come è stato precedentemente riportato ha sofferto maggiormente per ristagni idrici, l'altro potrebbe essere connesso con lo scarso accostimento.



Foto 5.3.2. Fenomeno di allettamento su Frumento duro cv. Cappelli in A-10 (7 giugno 2006).

Questa caratteristica, la capacità di accestimento, infatti è considerata assieme alla taglia elevata, all'ampio sviluppo fogliare, al buon sviluppo di biomassa complessiva e la precocità di sviluppo uno dei fattori maggiormente influenti sulla determinazione della capacità competitiva (Blackshaw, 1994). Benchè la biomassa di questa varietà sia comparabile a quella della varietà Cirillo e la taglia risulti la più sviluppata tra tutte le

altre il numero di spighe rilevate, risulta inferiore a 230-250 individui m^{-2} . Tale valore è stato evidenziato nei grafici di correlazione (fig. 4.3.7) come quel limite sotto il quale la biomassa della flora spontanea aumenta in maniera esponenziale al diminuire del numero dei culmi della coltura, tant'è che la biomassa delle infestanti risulta abbastanza elevata ($22,5 \text{ g m}^{-2}$).

Le specie infestanti che sono risultate maggiormente correlate con la varietà in questione sono *C. arvensis* e *A. arvensis* in aprile e giugno e *Geranium dissectum* L. solamente in giugno (vedi fig.4.3.4, 4.3.5,4.3.6 e tab. 4.3.4, 4.3.5).

Per quanto concerne la maggior presenza di *C. arvensis* ed *A. arvensis*, le specie più presenti in tutto l'appezzamento, si può affermare che la maggiore disponibilità di spazio conferita dalla bassa capacità di accestimento, abbia permesso un maggior sviluppo ed una maggior capacità di germinazione a queste due specie. Per quanto concerne il *G. dissectum*, una specie molto frequente su frumento nel parco, la maggior presenza è probabilmente da imputarsi alla minor densità della coltura.

Cirillo

La varietà Cirillo risulta la meno infestata, mostrando i livelli più bassi di biomassa ($8,2 \text{ g m}^{-2}$) e di densità ($14,6 \text{ piante m}^{-2}$) di flora spontanea e conseguentemente risulta la più produttiva, facendo registrare i livelli di produzione di granella secca più alti ($5,03 \text{ t ha}^{-1}$) anche se per quanto concerne i parametri solitamente connessi con la produttività come *Harvest Index* e il grado di riempimento della spiga, solitamente ritenuti parametri connessi alla produttività (Lemerle *et al.*, 1996; Perry *et al.* 1989) non risulta la varietà con le migliori prestazioni.

È assai probabile quindi che la maggior produttività sia dovuta più che all'espressione di caratteri di produttività "puri", alla migliore interazione della varietà con i parametri ambientali ed in particolare alla miglior competitività con la flora infestante. La maggiore capacità competitiva è probabilmente riferibile a quel parametro, tra quelli considerati da Blackshaw (1994) più rappresentativi di questa capacità, che viene maggiormente espresso dalla varietà in questione rispetto alle altre, ovvero la capacità di accestimento. Questa caratteristica è associabile alla varietà in questione dal fatto che il numero di culmi riscontrati alla raccolta è stato notevolmente superiore alle altre varietà mentre il numero di individui rilevato nel campionamento di aprile non ha riscontrato differenze tra il numero di piante emerse tra la varietà Capelli e Cirillo.

Tale miglior comportamento nei confronti della flora spontanea è confermato dalle due curve di correlazione riportate in tab. 4.3.2, 4.3.3. Tali curve si riferiscono al rapporto tra la biomassa delle infestanti e due parametri rappresentativi della capacità di soppressione della flora spontanea: la biomassa epigea complessiva ed il numero di culmi sviluppati. Se infatti entrambi risultano correlati in maniera negativa con la biomassa della coltura, la curva della densità risulta assai più rapida nel variare il grado di pendenza. La maggiore pendenza espressa, indica infatti un accrescimento notevole di efficacia nel contenimento, e nella zona del grafico interessata dalle migliori performance è presente soprattutto la varietà Cirillo. Nel grafico di correlazione tra la biomassa della coltura e quella della flora infestante invece l'andamento della curva indica un effetto di proporzionalità inversa prossima alla linearità.

Per quanto concerne la caratterizzazione della flora infestante, sia dai dati relativi alla densità delle singole specie spontanee, che dall'analisi multivariata, non risultano specie caratteristiche che abbiano una densità tale da poter suggerire una possibile relazione tra la varietà e la singola specie. Le correlazioni evidenziate dall'analisi multivariata sono, ad un'analisi più approfondita, determinate dalla sporadica presenza di qualche individuo nelle parcelle sottoposte ad analisi. Tale risultato, unito ad una contenuta presenza delle specie più frequentemente rilevate sugli appezzamenti investiti a cereali nella Tenuta, permette di affermare che la composizione delle specie spontanee risulta complessivamente bilanciata e conseguentemente poco problematica sia in termini di biomassa che di numero di individui.

San Carlo

Per quanto riguarda la varietà San Carlo è difficile effettuare una valutazione precisa a causa delle avverse condizioni ambientali in cui questa è stata allevata. Da un lato la ristretta superficie di sperimentazione, dall'altro le particolari condizioni microclimatiche in cui la varietà si è venuta a trovare, hanno determinato una bassa attendibilità dei risultati riguardanti la varietà in questione.

Per quanto concerne le caratteristiche produttive la varietà in questione esprime delle buone potenzialità per quanto concerne sia l'*Harvest index*, il più elevato, (0,49) che il riempimento della spiga (0,78), ma fa registrare dei risultati produttivi per quanto concerne la granella secca alquanto variabili e legati alla posizione del rilevamento. Dei due, il campo più distante dal bordo occidentale dell'appezzamento fa registrare produzioni nella media con le altre varietà, mentre la parcella più prossima al bordo presenta un calo di produzione ed un incremento di infestazione notevole.

Dall'analisi della flora infestante risulta infatti che se in aprile la composizione floristica risulta simili a quella di Cirillo, nel rilevamento di giugno la composizione della flora spontanea risulta completamente diversificata dalle restanti due varietà, registrando una particolare presenza di *P. aviculare* e *K. spuria*. Inoltre si rileva una particolare espressione della *V. officinalis* nelle parcelle investite con questa varietà, anche se la stessa si trova presente in maniera sostanziale anche in tutte le altre parcelle.

Discussione generale sull'efficacia dei metodi diretti culturali e preventivi nel controllo delle piante infestanti nel biologico.

Tutte le prove evidenziano l'importanza della tempestività degli interventi e la valutazione di volta in volta della situazione in relazione alla composizione della flora infestante e la sua fenologia (momento di disseminazione e strategia di riproduzione).

Ciò è confermato in particolare da due particolari fenomeni analizzati nel presente lavoro. In primo luogo dalla prova effettuata su erba medica, dove si nota come al variare del momento del taglio, di due settimane, si ottenga una notevole modificazione nella composizione della flora infestante. Questo fatto comunque non ha alterato né la composizione del fieno né la produttività dello stesso, pertanto in definitiva, tale pratica benché implichi un controllo già nell'anno della flora infestante, si considera utile più per le colture seguenti che non per il prato in sé. Conseguentemente benché si tratti di una pratica comunque indirizzata al controllo della flora infestante già dall'anno successivo, la funzione più importante viene esercitata a livello di rotazione, in ragione di ciò si può assimilare tale pratica all'interno della più vasta categoria delle tecniche preventive di controllo.

In secondo luogo, l'importanza della tempestività degli interventi e della attenta valutazione delle condizioni di campo, è sottolineata dal diverso comportamento del *T. pratense* che nella bulatura del 2005 è risultato così ben sviluppato da essere mantenuto anche l'anno successivo come prato, mentre nella bulatura del 2006 a causa delle differenti condizioni ambientali e dai ritardi di natura extra-aziendale ha determinato il completo fallimento della bulatura stessa. Come sottolineano Müller-Schärer e Potts (1991) il successo nel controllo delle infestanti di una coltura di copertura dipende da moltissimi fattori, così che solo attraverso una gestione attenta è possibile ottenere risultati soddisfacenti.

Importanza della scelta della varietà.

Come è stato evidenziato nel confronto varietale 2006 la scelta della varietà. svolge un ruolo determinante non soltanto per ciò che concerne la produttività e l'adattamento alle condizioni ambientali, ma risulta particolarmente importante anche nella determinazione dell'intensità ed in parte anche della qualità dell'infestazione. Pertanto la scelta di opportune varietà potrà determinare non solamente una miglior riuscita della coltura in condizioni di particolare densità di flora potenziale, ma un'oculata scelta è in grado anche di bilanciare e prevenire la disseminazione e la propagazione di infestazioni di specie spontanee particolarmente difficili da controllare, con particolare riguardo alle colture successive. Anche in questo caso quindi è possibile interpretare e sfruttare una tattica colturale di miglioramento delle condizioni della coltura nel breve periodo, come una tecnica preventiva, integrata in una ampia e lunga strategia di riduzione e riequilibrio della popolazione spontanea presente in campo.

Risulta pertanto essenziale incrementare le conoscenze a riguardo del comportamento nei confronti della flora spontanea delle varietà, poiché lo studio di queste caratteristiche è stato tralasciato per molti anni in relazione al forte utilizzo di molecole chimiche appositamente sviluppate (Bond & Grundy, 2001).

6.CONCLUSIONI

6.1 Erba medica 2005

Effetto del trattamento sul rapporto coltura-flora spontanea sulle colture successive

La tesi trattata con lo sfalcio Anticipato non presenta una differenza complessiva di copertura delle specie infestanti rispetto alla tesi trattata in maniera convenzionale. Si verifica invece una modificazione nella composizione del prato, ovvero nella tesi sfalciata in anticipo, le annuali con disseminazione successiva al periodo di inizio sfalcio e le specie perenni più importanti come *L. perenne* e *P. trivialis* risultano significativamente meno presenti rispetto al controllo. Questo effetto però viene bilanciato da una maggior presenza di quelle specie (es. *A. myosuroides*) che, riuscendo comunque ad andare a disseminare in maniera importante entro la prima metà di maggio, si trovano in una condizione di maggiore presenza relativa nella *seedbank* e di minor competizione con altre piante terofite ad emergenza contemporanea.

Anche se queste specie non raggiungono mai particolari livelli di copertura, sul prato di medica *A. myosuroides* però potrebbe risultare problematica se la si inquadra all'interno delle dinamiche di infestazione nella scala temporale dell'avvicendamento. Di norma infatti la medica è fatta seguire da un cereale autunno-vernino, solitamente frumento duro, il quale risulta sensibile alla presenza di tale graminacea. Ulteriori approfondimenti quindi dovrebbero riguardare la possibilità di utilizzare unitamente altre tecniche per controllare la disseminazione di tale infestante.

Nella valutazione della possibilità di diffondere la pratica sperimentata è opportuno quindi tenere in considerazione, sia la presenza nel prato di eventuali specie a disseminazione scalare “pre-primaverile”, sia l'opportunità di far seguire alla coltura di medica un cereale autunno-vernino. D'altro canto però l'ottimizzazione del controllo su quelle infestanti che vengono controllate comunque dal prato poliennale, e l'inaspettata diminuzione di Abbondanza di specie perenni come *L. perenne* e *P. trivialis*, conferiscono alla prova interessanti potenzialità di impiego, una volta chiariti i meccanismi ecologici che hanno determinato la diversa composizione.

Per quanto concerne invece il controllo delle annuali che disseminano dopo la seconda metà di maggio si può affermare una buona riuscita del controllo e conseguentemente la possibilità di utilizzare questo strumento in situazioni dove le specie maggiormente presenti fossero di questo tipo. D'altra parte la tenuta di San Rossore è un valido

terreno di prova in quanto negli anni precedenti sono state riscontrate diverse situazioni simili a quelle sopra accennate, con forti infestazioni di *L. multiflorum*, *S. arvensis*.

Qualità fieno

Per quanto concerne la composizione quali-quantitativa del fieno invece è da mettere in evidenza il fatto che la pratica sperimentata ,non solo non peggiora la qualità dello stesso al punto di vista proteico e calorico, né diminuisce in alcun modo la produttività, ma al contrario si può affermare che l'unica differenza qualitativa rilevabile, nel secondo sfalcio -l'incremento di estrattivi inazotati a discapito della fibra - migliori, seppur in misura non significativa, la composizione degli elementi nutritivi.

Possibilità di impiego in una strategia integrata di controllo.

In definitiva questa tecnica colturale non comporta aggravii economici di alcun tipo rispetto alle classiche pratiche, ma implica alcuni accorgimenti organizzativi necessari per poter essere impiegata efficacemente. Anzitutto è necessaria una conoscenza abbastanza approfondita della popolazione infestante presente sull'appezzamento interessato, sia in termini di spazio, che in termini di tempo, in modo da avere chiari quali possibili infestanti potrebbero essere favorite e quali meglio controllate; inoltre una maggiore conoscenza della storia dell'appezzamento permette di apprezzare meglio l'effetto sulle colture successiva la momento del ritorno sullo stesso appezzamento delle colture previste in rotazione, anche se queste conoscenze sono comunque auspiccate per effettuare in maniera consapevole qualsiasi operazione di controllo. In secondo luogo l'applicazione di tale tecnica necessita un livello di organizzazione aziendale minimo che permetta l'esecuzione dello sfalcio nei tempi previsti, così da ottenere l'effetto di contenimento e l'ottimizzazione dell'azione rinettante desiderata..

L'anticipo dello sfalcio sul prato di erba medica si presta particolarmente all'impiego su quegli appezzamenti particolarmente interessati dalla presenza o di terofite che disseminano dopo l'intervento dello sfalcio o di geofite sensibili ad un taglio Anticipato prima della stagione vegetativa. Tale tecnica unita alle altre pratiche di controllo colturali ed indirette conferisce la possibilità di sviluppare una spirale positiva di diminuzione e riequilibrio della presenza di queste categorie di specie infestanti. Dalle valutazioni effettuate nel 2003 (tesi primo livello) specie come *L. multiflorum* sono risultate altrimenti difficilmente controllabili, con le pratiche standard dell'azienda.

In ultima analisi anche in considerazione dei rischi di diffusione di specie a disseminazione scalare all'inizio della primavera è opportuno tenere sempre presente la

necessità di sviluppare strategie complessive di lungo periodo per contenere la flora infestante, questa tecnica è da considerarsi quindi un parziale strumento da applicarsi, quando le condizioni più opportune per il suo impiego si verificassero, in concerto con le altre tecniche, allo scopo di ottenere una flora spontanea bilanciata ed agronomicamente non preoccupante per tutta la successione colturale ipotizzata.

6.2 frumento duro 2005

Sulla base dei risultati ottenuti dall'elaborazione statistica dei risultati relativi all'effetto della bulatura con *Trifolium pratense* e dell'applicazione di fertilizzanti organici sulla produzione del frumento duro e dello sviluppo della flora spontanea, si possono trarre le seguenti conclusioni:

Bulatura di *T. pratense* nel frumento duro

La bulatura con il trifoglio ha determinato una certa diminuzione nella densità della flora infestante, mediamente quantificabile nel 43,4% rispetto alle tesi non bulate. Ad ogni modo i dati relativi allo sviluppo della biomassa, probabilmente anche in relazione alla eccessiva variabilità dei dati risultano statisticamente non significativi.

Ad ogni modo, l'effetto rinettante sulla flora infestante della bulatura non sembra andare ad incidere direttamente sulla produttività del frumento, in quanto non sono state evidenziate differenze significative. Tale dato suggerisce inoltre che anche l'apporto di azoto fissato dal trifoglio non è stato apprezzabile in termini di resa.

Fertilizzazione del frumento duro

L'applicazione dei due mix di fertilizzanti ha determinato, come risultanza più manifesta, un effetto *starter* sulla coltura bulata con trifoglio sia in termini di densità che di copertura del terreno da parte della leguminosa. Il vantaggio di sviluppo del trifoglio nelle prime fasi si riflette in maniera tendenziale (-52%), anche se non significativa, sulla presenza di biomassa di infestanti nelle tesi fertilizzate, verosimilmente in virtù del maggiore vantaggio competitivo del trifoglio sulla flora spontanea. Tanto le fertilizzazioni quanto la bulatura non fanno riscontrare effetti statisticamente significativi sulla produzione del frumento rispetto ai relativi testimoni, essendo state rilevate differenze solo per il numero delle spighe e non per la produzione superficiale. Tale incremento al di là della bassa importanza nella valutazione delle caratteristiche produttive risulta interessante per quanto concerne il rapporto infestanti-coltura, poiché la maggior presenza di culmi risulta associata alla diminuzione di biomassa della flora infestante (Challaiah *et al.* 1983, Fofana *et al.* 1995).

Considerazioni generali

Tutte le considerazioni fatte fino a questo momento devono però essere necessariamente inserite all'interno di una valutazione complessiva dell'infestazione e del bilancio dei nutrienti. Una riduzione della flora potenziale e un corretto bilancio dei nutrienti sono sì frutto della somma di scelte annuali corrette, ma devono anche essere valutate nel complesso della rotazione praticata. Se infatti gli apporti di nutrienti, anche bassi, determinati dalle fertilizzazioni o dal trifoglio, possono incidere sulla chiusura in pareggio del bilancio nutrizionale, il vantaggio complessivo di tali tecniche sarebbe ben maggiore rispetto a quello ottenibile sulla sola coltura di frumento. Lo stesso vale per le dinamiche di infestazione: se infatti il decremento della *seed rain* permettesse lungo il corso della rotazione di avere un *trend* di esaurimento della *seed bank* di malerbe, il vantaggio alla consociazione tutta andrebbe oltre quello verificabile con il singolo dato annuale.

Alla luce dei risultati evidenziati dall'analisi statistica, ed in relazione ai vari comparti produttivi dell'azienda (che ha come ordinamento produttivo l'allevamento bovino da carne), risulta comunque consigliabile l'estensione della pratica della bulatura su tutti gli appezzamenti investiti a frumento e altri cereali autunno-vernini, mentre appare meno utile ai fini del miglioramento della fertilità del terreno l'applicazione dei fertilizzanti biologici extra-aziendali sperimentati in questo lavoro. Tale giudizio può essere espresso sia tenendo in considerazione gli effetti diretti sulla coltura, sia la posizione del frumento duro nella successione colturale impostata nell'azienda. Dai dati relativi alle successioni colturali (Moonen e Bàrberi, 2004) si rileva infatti che le colture di frumento seguono spesso la coltura poliennale d'erba medica, come nel caso in analisi, il cui apporto di azoto annullerebbe in larga misura il vantaggio determinato dall'eventuale fertilizzazione complementare. Inoltre la distribuzione in post-emergenza dei fertilizzanti non permette l'ottimizzazione dell'uso del fosforo distribuito. Sarebbe a tal proposito opportuno suggerire, dati anche i tempi delle lavorazioni e di disfacimento del prato, di far seguire al prato poliennale di medica una coltura primaverile estiva, che valorizzi al meglio l'azoto e la fertilità residua che l'erba medica rende disponibile nel terreno e di distribuire i fertilizzanti contenenti azoto solo dopo lo sfruttamento dell'azoto reso disponibile dalle colture leguminose. Sarebbe opportuno inoltre distribuire i fertilizzanti contenenti una dose significativa di fosforo in pre-emergenza, in modo che esplicino al meglio il loro benefico effetto sulla coltura principale e non solamente sulla coltura bulata. Per quanto concerne invece l'effetto

delle fertilizzazioni sul rapporto coltura-flora spontanea non si può riportare una valutazione definitiva. Da un lato infatti l'aumento del numero dei culmi potenzia la capacità di controllo della flora spontanea, dall'altro però non corrispondono incrementi produttivi diretti. Anche in questo caso una valutazione delle conseguenze sulle colture successive si rende necessaria. Al fine di apprezzare al meglio l'effetto dell'impiego dei fertilizzanti, un successivo studio sull'efficacia di questi dovrà essere effettuato su una coltura di frumento non preceduta da leguminose.



Foto 6.2.1 Effetto pacciamante di Trifolium pratense nelle tesi bulate, evidenziato sulle stoppie di frumento (22 settembre 2005).



Foto 6.2.2 Sviluppo di erba medica e trifoglio in un momento successivo alla raccolta del frumento duro A-01 (22 settembre 2005).

6.3 Frumento duro 2006.

A causa del fallimento della bulatura nella prova 2005/2006 per i motivi riportati nel paragrafo 5.3, le uniche conclusioni che si posso effettuare riguardano l'attitudine delle varietà studiate alla coltivazione in agricoltura biologica con le modalità proposte in azienda ed i relativi rapporti che si instaurano con la flora spontanea.

Tra le varietà poste in prova Cirillo è risultata quella più interessante sia per quanto concerne i risultati produttivi che per il rapporto sviluppato con la flora spontanea. Questa varietà infatti riesce a determinare i più alti livelli produttivi, i livelli di infestazione –sia in biomassa che in numero di individui- più bassi, la composizione della flora spontanea più bilanciata e conseguentemente meno problematica. Inoltre all'analisi effettuata nel più ampio progetto di monitoraggio dell'A.R.S.I.A sulle varietà locali, riceve una valutazione buona per quanto concerne i parametri qualitativi di pastificazione (dati non pubblicati).

La varietà Cappelli benché abbia sviluppato una buona taglia ed una buona produzione di sostanza secca complessiva, paragonabile a quella di Cirillo, ha evidenziato un comportamento pressoché opposto per quanto concerne i parametri produttivi e qualitativi. Tale varietà ha infatti sviluppato una bassa produttività per unità di superficie di granella ed alti valori relativi alla valutazione dell'infestazione. Per quanto concerne la composizione della flora spontanea, questa è risultata sbilanciata a favore di quelle specie (*C. arvensis*, *A. arvensis*) che risultano più frequenti sui cereali autunno-vernini in agricoltura biologica e maggiormente correlata con specie problematiche come *Avena spp*, *A. myosuroides*, *Papaver spp.* . Inoltre la valutazione qualitativa diffusa da A.R.S.I.A. conferisce alla presente varietà un giudizio complessivo non pienamente positivo. (dati non pubblicati).

Al contrario di quanto riportato in bibliografia, la varietà Cappelli che ha espresso maggiormente uno dei fattori tenuti più in considerazione al fine di contenere la flora spontanea, la taglia (Korres *et al.*, 2001; Lemerle *et al.* 1996; Balyan *et al.*, 1991; Melander, 1993; Wicks *et al.* 1986; Grundy *et al.* 1997), non è risultata la più efficace. Invece la varietà che ha dimostrato il miglior comportamento nel contenimento e nel bilanciamento della flora spontanea, la varietà Cirillo, ha espresso altri caratteri in maniera significativamente diversa rispetto alle altre, come il maggior numero di culmi per unità di superficie.

Per quanto riguarda quindi l'attitudine di determinati parametri morfologici ritenuti più rappresentativi dell'attitudine alla competizione possiamo quindi affermare che è necessario valutare tali parametri non singolarmente ma in combinazione tra loro ed

inoltre non è possibile prescindere dal rapporto di questi con i parametri ambientali. In particolare nel caso preso in considerazione è possibile affermare che il numero di spighe e la biomassa prodotta hanno determinato buoni risultati al contenimento della flora spontanea quando sono stati raggiunti dei livelli soglia, rappresentati da 250 spighe e 1 kg di biomassa per m², contemporaneamente ad altezza non superiore ad 1 m. Il solo sviluppo in altezza senza un proporzionale accrescimento della biomassa e con un basso numero di spighe ha invece determinato uno scarso controllo della flora infestante ed inoltre un notevole incremento del rischio di allettamenti.

Per quanto riguarda la varietà San Carlo è difficile effettuare una valutazione precisa a causa delle avverse condizioni ambientali in cui questa è stata allevata, per quanto concerne Cappelli e Cirillo si possono trarre le seguenti conclusioni: Cappelli non può essere posta in rotazione dopo un prato di medica onde evitare fenomeni di allettamento così marcato come nelle prove in analisi, ed inoltre dato il basso numero di spighe rilevato su unità di superficie dovrebbero essere attuate tecniche colturali che incrementino l'accestimento, un tempo ad esempio era spesso praticato il pascolo ovino durante le prime fasi di sviluppo della coltura così da favorire l'emissione di vari culmi per ogni pianta, tecnica comunque non priva di rischi, legati al "sovra pascolamento" e dalla non semplice esecuzione. Per quanto concerne Cirillo sarebbe invece stato assai interessante valutarne il comportamento in bulatura ma come spiegato ciò non è stato possibile. Per il resto la valutazione sia produttivo-qualitativa che competitiva della varietà non possono che essere positive e tale varietà risulta sicuramente la più adatta, tra quelle analizzate, per essere utilizzate in un contesto di agricoltura biologica come la tenuta di San Rossore.

7. RINGRAZIAMENTI

I miei ringraziamenti vanno al relatore il Prof. Paolo Bàrberi, che mi ha seguito durante le fasi di elaborazione di questa tesi; alla dottoressa Camilla Moonen, che mi aiutato con pazienza per tutta la fase delle elaborazioni statistica, della redazione e della revisione; Stefano Bacci e Giacomo Nardi, che mi hanno pazientemente seguito durante i rilievi in campo. I lavoratori e le lavoratrici del laboratorio di campagna del centro “E. Avanzi” ed in particolare Luciano Pulga e il dott. Ginanni che mi hanno seguito durante la conservazione, l’elaborazione e l’essiccamento dei campioni di biomassa e per tutte le pesate. Il Prof. Gatta ed il tecnico Fabio del laboratorio di veterinaria che mi hanno diligentemente seguito per quanto concerne l’analisi di biomassa dell’erba medica. Il dottor Giorgio Ragaglini, la dottoressa Francesca Bigongiali, il dottor Cristiano Tozzini del “Land Lab” della Scuola Superiore Sant’Anna per la loro disponibilità e tutti i dati e gli articoli che gentilmente mi hanno messo a disposizione; il dottor Silvestri per i dati relativi alla composizione del suolo; l’ufficio pluviografico e maregrafico di Pisa per i dati relativi al clima. Ringrazio inoltre Il dottor Giuseppe Bimbi, Paolo Di Pede, l’infaticabile Renzo Magli e tutti i lavoratori della tenuta per la loro disponibilità nel fornirmi le informazioni che mi potevano essere utili, per la realizzazione delle colture e di tutto l’apparato sperimentale in campo, per l’aiuto fornitomi nell’esecuzione dei campionamenti e nel reperimento dei dati nella azienda agraria della tenuta di San Rossore.

8. BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (1998) Agricoltura sostenibile mediterranea, produzione integrata e agricoltura biologica, Osservatorio agroambiente. Cesena.

ALBRECHT H. & SOMMER H. (1998) Development of the arable weed seed bank after the change from conventional to integrated and organic farming. *Aspect of applied biology* 51, weed seedbanks: determination, dynamics and manipulation, 279-288.

ALTIERI M. A. (1987). **Agroecology:** The Scientific Basis of Alternative Agriculture. *Westview Press*, Boulder, Co.

ALTIERI M.A. & NICHOLLS C.I. (2001). Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems. *Food Products Press*. New York, USA.

ANTONGIOVANNI M., (1997). *Nutrizione e alimentazione animale. Ed agricole*, Bologna.

APPLEBY A.P., OLSEN P.D., COLBERT D.R. (1976). Winter wheat yield reduction from interference by Italian ryegrass. *Agronomy Journal*, **68**, 463-466.

ATKINSON D & WATSON CA (2000). The research needs of organic agriculture distinct or just part of agricultural research? *The BCPC Conference -Pests & Diseases 2000*, 151±158.

BALDONI R. & GIARDINI I. (2000) Coltivazioni erbacee: cereali e proteaginose. *Patron*, Bologna.

BALYAN R.S., MALIK R.K., PANAWAR R.S., SINGH S. (1991). Competitive ability of winter wheat cultivars with wild oat (*Avena ludoviciana*). *Weed Science* **39**, 154-158.

BÀRBERI P. & MOONEN C. (2004). Il monitoraggio dell'azienda biologica della Tenuta di San Rossore anno 2003. *Land Lab-Scuola Superiore Sant'Anna*, Pisa

BÀRBERI P. (2002) Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues. *Weed Research* **42**, 177-193

BÀRBERI P. , LO CASCIO B. , (2001). Long-term tillage and crop rotation effects on weed seedbank size and composition. *Weed Research* **41**, 325-340.

- BÀRBERI P., SILVESTRI N., PERUZZI A. & RAFFAELLI M. (2000).** *Finger harrowing of durum wheat under different tillage systems.* *Biological Agriculture and Horticulture*, 17, 285-303.
- BASTIAANS L & DRENT H (1999)** Late-emerging weeds; phenotypic plasticity and contribution to weed population growth. In: *Proceedings 11th EWRS Symposium*, Basle, Switzerland, 3.
- BARKMAN, H. DOING & S.SEGAL,(1964)** Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse. *Acta Botanica Neerlandica* 13: 394-419
- BECKER K & BÖHRNSEN A (1994)** Wirkungen mechanischer Pflegemaßnahmen auf die Unkrautabundanz und die Nmineralisation im Boden. *Zeitschrift für Pflanzkrankheiten und Pflanzenschutz* 14, 315–324.
- BEGON M., TOWONSED C.R. & HARPER J. (2006).** **Ecology: From Individuals to Ecosystems.** Blackwell Publishing. Oxford, UK,.
- BEVERIDGE LE & NAYLOR REL (1999)** Options for organicweed control– what farmers do. In: *Proceedings 1999 Brighton Conference – Weeds*, Brighton, UK, 939–944.
- BLACKSHAW R.E., STOBBE E.H., STURKO A.R.W., (1981).** Effect of seeding dates and densities of green foxtail (*Setaria viridis*) on the growth and productivity of spring wheat (*triticum aestivum*) *Weed Science*, **29**, 212-217
- BLACKSHAW R.E. (1994)** Differential Competitive Ability of winter Wheat cultivars against Downy Brome. *Agronomy Journal*, **86**, 649-654.
- BONARI E., MAZZONCINI M., MENINI S., GINANNI M. & BÀRBERI P. (1997)** Primi risultati sull'inserimento delle colture di copertura nella omosuccessione di mais da granella (*Zea mays* L.). *Rivista di agronomia* **31**, 884-893
- BOND W. & GRUNDY A.C. (2001).** Non chemical weed management in organic farming system. *Weed Research* 41, 383-405.
- BOTTAZZI P, NERI L., ANTICHI D. & INVERNIZZI C. (2005)** Varietà di grano duro. *Supplemento a L'informatore agrario* , **35**, 1-44

BRAUN_BLANQUET J (1964) Pflanzensoziologie Gründzuge der Vegetationskunde. *Springer*, Vienna.

CATIZONE P. & ZANIN G. (2001). Malerbologia. *Patron editore*, Bologna

CHAMBERLAIN D.E., FULLER R.J., BUNCE R.G.H., DUCKWORTH J.C. & SHRUBB M. (2000). Changes in the abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensification in England and Wales. *Journal of Applied Ecology* 37: 771-778.

CALLAIAH R.R.E., WICKS G.A., BURNSIDE O.C. & JOHNSON V.A. (1983)
Evalutation of the weed competitive ability of winter wheat cultivars. In: *proceedings of North Central Weed controlconference* 38, USA 85-91.

COHEN J.E. (1995). Population growth and Earth's human carrying capacity. *Science* 269, 341-346.

COLEMAN R. & GURJEET G. (2003) Trends in yielding ability and weed competitiveness of Australian wheat cultivars. In: *Proceedings of the Australian Agronomy Conference, Australian Society of Agronomy*, 11. Geelong, Australia.

<http://www.cropscience.org.au/icsc2004/>

DORAN J.W. & SMITH M.S. (1991) Role of cover crops in nitrogen cycling. In: *Hargrove W.L.(ed.): Cover Crop for Clean Water. Soli and Water Conservation Society Publ.*, Ankey Iowa USA

DOU Z., FOX R.H. (1994) The contribution of nitrogen from legume cover crop double cropped with winter wheat to tilled and no tilled maize. *Europe Journal of Agronomy*. 3, 93-100.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZZATION) (1996) the sixth world food survey. Food and Agriculture Organizzation of the United Nation , Roma.

FOFANA B., KOUPEUR T., JONES M.P. & JOHNSON D.E. (1995) the development of rice varieties competitive with weed. In: *Proceedings 1995 British Crop Protection Conference-Weeds*, Brighton, UK, 187-192.

FRITSCHER H. & MOHAN U. (1999). *Are we ready for a meat revolution? IFPRI. News and views (March): 1-8*

FRONDONI U. & BÀRBERI P. (2000). Attrezzature per le colture erbacee. Supplemento macchine ecologiche. *Il Contoterzista*, 5 Suppl., 17-23.

GATTA D. (2004) Alimentazione dei bovini. In: *Il monitoraggio dell'azienda biologica della Tenuta di San Rossore anno 2003. Land Lab-Scuola Superiore Sant'Anna*, Pisa.

GEORGE S.K., DONALDSON G. & CLEMENTS R.O. (1997) Clover: cereal bi cropping with reduced reduced agrochemical inputs; the yield and costs. *Aspects of Applied Biology* 50, *Optimising cereal input: its scientific basis*, 487-492.

GOMEZ K. A. & GOMEZ A.A. (1984). Statistical procedure for agricultural reserch. *Wiley ed.* , New York USA.

GRUNDY A. C., FROUD-WILLIAMS R.J. (1997) The control of weeds cereals using an integrated approach. *Optimising cereals inputs: its scientific basis. Aspect of Applied Biology* 50, 367-374

HÅKANSSON S. (2003) non-chemical weed management in: *weeds and weed management on arable land: an ecological approach* . CABI, Cambridge, UK

HUARTE H. R., BENECH A. R. L.(2003): Understanding mechanisms of reduced annual weed emergence in alfalfa. *Weed Science*: Vol. 51, No. 6, 876–885.

JONGMAN R.H.G. TER BRAAK C.J.F. & VAN TONGEREN O.F.R., (1995). Data Analysis in Community and Landscape Ecology. Cambridge University Press, Cambridge, 299p

KORRES N.E., FROUD-WILLIAMS R.J., (2002). Effects of winter wheat cultivars and seed rate on biological characteristics of naturally occurring weed flora. *Weed Reserch*, **43**, 417-428.

LEGERE A., STEVENENSON F.C.,BENOIT D.L., (2005). Diverity and assembly of weed communities: contrsting responses across cropping systems. *Weed Reserch*, **45**, 303-315.

LIEBMAN, L. MOHLER, P. STAVER (2001) Ecological management of agricultural weeds. Cambridge university press, Cambridge, UK

LEMERLE D., VERBEEK B., COUSENS R.D., COOMBES N.E. (1996), The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds. *Weed Research*, **36**, 505-513.

MAZZONCINI M., BONARI E., MENINI S., GINANNI M. & BÀRBERI P. (1997) Primi risultati sull'inserimento di colture di copertura nella omosuccessione del mais da granella. *Rivista di agronomia*, 31 (3 supplemento) 884-893.

MCNEELY J.A. & SHERR S.J. (2003) *Ecoagriculture Strategies to Feed the World and Save Biodiversity*. Island Press, Washington.

MELANDER B. (1993) Population dynamics of *Apera spica-venti* as influenced by cultural methods. Proceeding 1993 British Crop Protection Conference-Weeds, Brighton, UK, 107-112

MOONEN C., RAGAGLINI G., BÀRBERI P., CASTRO-RODAS N. & PETACCHI R. (2004). Diversificazione ambientale e biodiversità. In: *Il monitoraggio dell'azienda biologica della Tenuta di San Rossore anno 2003. Land Lab-Scuola Superiore Sant'Anna*, Pisa.

MOONEN C. & BÀRBERI P. (2004) Andamento delle produzioni vegetali In: *Il monitoraggio dell'azienda biologica della Tenuta di San Rossore anno 2003. Land Lab-Scuola Superiore Sant'Anna*, Pisa.

MÜLLER-SCHÄRER H. & POTTS C.A. (1991) Cover plants in field grown vegetables: prospects and limitations. In: *proceedings 1991 Brighton Crop Protection conference - Weeds*, Brighton, UK, 599-604

MYERS N. & KENT J. (2001). Perverse subsidies: how tax dollars undercut the environment and the economy. *Island Press*, Washington, D.C.

NAYLOR R.E.L. (2002). *Weed management hand book* (ninth edition). Blackwell, Oxford, UK.

OGG A.G. & SEEFELDT S.S. (1999) characterising traits that enhance the competitiveness of winter wheat (*Triticum aestivum*) against jointed goat-grass (*Aegilops cylindrical*). *Weed Science* 47, 74-80.

PERRY M.W., D'ANTUONO M.F. (1989) AUST. Journal Agricultural Reserch , 40, 457-472.

PINO, SANS, MASALLES (1998). Population dynamics of *Rumex obtusifolius* under contrasting Lucerne cropping system. *Weed research volume*, 38, 25-33.

POSTEL S. (1994). Carrying capacity: Earth's bottom line. In *L. R. BROWN, et al., eds. State of the World 1994*. W.W. Norton, New York, pp.3-21.

RAFFAELLI M., BÀRBERI P., PERUZZI A. & GINANNI M. (2002). Options for mechanical weed control in grain maize ? effects on weeds. *Proceedings 5th Workshop of the EWRS Working Group on Physical and Cultural Weed Control*, Pisa (IT), 11-13 marzo, 147-152.

RAFFAELLI M., BÀRBERI P., PERUZZI A. & GINANNI M. (2002). Options for mechanical weed control in grain maize - work parameters and crop yield. *Proceedings 5th Workshop of the EWRS Working Group on Physical and Cultural Weed Control*, Pisa (IT), 11-13 marzo, 153-158.

SEEVERS G.P. & WRIGHT K.J. (1995). Potential for weed control by suppressive cereal cultivars. *Proceeding 1995, British Crop Protection conference- Weeds*, Brighton, UK, 737-743.

SECCHIARI P.L. & PISTOIA A. (2004) L'ALLEVAMENTO DEI BOVINI DA CARNE . *In: Il monitoraggio dell'azienda biologica della Tenuta di San Rossore anno 2003. Land Lab-Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa.*

SILVESTRI N., TOZZINI C. & BONARI E. (2003). La creazione di sistema informativo territoriale dei terreni del Parco: i risultati di un quinquennio di attività. *In: AA.VV.: la conoscenza dei terreni per una gestione sostenibile dell'agricoltura nel territorio del parco Migliarino-San Rossore-Massaciuccoli*. Pacini Editore, Pisa, 36-76.

STOCKDALE E., A. LAMPKIN N.H., HOVI M, KEATINGE R., LENNARTSSON E.K.M., MAC DONALD D.W., PADEL S., TATTERSALL F.H., WOLFE M.S. & WATSON C.A. (2001). Agronomic and Environmental Implications of Organic Farming Systems. *Advances in Agronomy* 70, 261±327.

SUCCI G. (1997). *Zootecnia speciale* Clesav Milano.

TER BRAAK & SIMILAUER (2002) CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: software for Canonical Comunità Ordination (version 4.5). *Microcomputer power*, Ithaca, NY, USA.

TEASDALE J.R., BESTE C.E. & POTTS W.E. (1991) Response of weeds to tillage and cover crops residue. *Weed Science*, 39, 195-199.

TOLLENAAR M., DIBO A.A., AQUEIRA A., WEISE S.F. & SWANTON C.J. (1994) Effect of crop density on weed interference in maize. *Agronomy Journal* 86 (4), 591-595.

TSHARNTKE T., KLEIN A.M., KRUESS A., STEFFAN-DEWENTER I & THIES C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. *Ecology Letters* 8: 857-874.

UTOMO M., FRYE W.W., BLEVINS R.L. (1990). Sustaining soil nitrogen for corn using hairy vetch cover crop. *Agronomy Journal*, 82, 979-983.

VAN DER MAAREL (1979) Transformation of cover abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio*, 39, 97-114.

VIGGIANI P. & ANGELINI R. (2002) Graminacee spontanee ed infestanti. *Edagricole* Bologna.

WATSON C.A., ATKINSON D., GOSLING P., JACKSON L.R. & RAYNS F.W. (2002) Managing soil fertility in organic farming systems. *Soil Use and Management* , 18, 239-247.

WATSON R., et al. (2000). Land Use, Land Use Change, and Forestry. *Special report of the International Panel on Climate Change. Established by the world Meteorological Organization and the United Nation Environment Programme.* Oxford University Press, Oxford.

WICKS G.A., RAMSEL R.E. NORQUIST P.T., SHMIDT J.W. & CHALLAIAH (1986). Impact of wheat cultivars on establishment and suppression of summer annual weed. *Agronomy Journal* 78, 59-62.

ZALLER G.J. (2004); Ecology and non-chemical control of *Rumex crispus* and *R.obtusifolius* (Polygonaceae): a review. *Weed Research* 44, 414-432.

ZAMAN M.S., MOYER J.R., BOSWALL A.L. & MIR Z. (2003) Nutritional quality and yield of seedling alfalfa established with a barley companion crop and weeds. *Animal Feed Science and Technology*, 103, 163-169.

ZAVATTARO L., GRIGNANI C., SACCO D. & MONACO S. (2003) Ruolo agronomico del sovescio di leguminose in sistemi colturali in Piemonte. *Rivista di agronomia*, 37, 139-143.

Siti internet consultati:

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (2004)

<http://www.regione.emiliaromagna.it/agricoltura/rivista/inserto/2000/meccanizzazione/inserto1000meccanipag91.pdf>..

ISTITUTO SPERIMENTALE PER LA NUTRIZIONE DELLE PIANTE (2005)

Http:\\www.isnp.it

GOOGLE EARTH (2006)

Http:\\earth.google.com

BIO PUGLIA (2006)

http://www.biopuglia.iamb.it

EU DEVELOPING OLIVE OIL REGON (2006)

<http://www.eu-door.com/>